

Handbuch der

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen

Neu bearbeitet von

Die Sommer
Jahres Theil

Erster Band mit 21 Kupferstichen

Paris 1854

Verlag von Ernst & Korn

(in der Rue de la Harpe, No. 10)

Handbuch
der
Wasserbaukunst

von
[Othulf]
G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Zweiter Theil:
Die Ströme.

Dritter Band mit 21 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Uferschälungen, Strombauten

und

Schiffahrts-Canäle.

Von

[Othulf]
G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Dritter Band.

Kreisbauverrat
für das Ingenieurfach
Regensburg

Mit einem Atlas von 21 Kupfertafeln.

Berlin 1874.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Verlag von Ernst & Korn
Regensburg

Uferschlammungen, Strombauten

und

tschiffahrt-Canal.

Von

G. Hagen

Druck von J. Neumann, Neudamm

Dritter Band

Mit einem Atlas von 21 Kupfertafeln

Berlin 1874

G 73 / 149

Staatl. Bibliothek
Regensburg

Inhalts-Verzeichnifs

des dritten Bandes.

Seite

Abschnitt IX.

Vertiefung des Fahrwassers (Fortsetzung) 1

§. 53.	Sprengen der Felsen	3
§. 54.	Der Taucherhelm	46
§. 55.	Die Taucherglocke	59
§. 56.	Der Taucherschacht	70

Abschnitt X.

Schiffahrts-Anlagen 81

§. 57.	Die Flußsschiffahrt	83
§. 58.	Die Warpschiffahrt	104
§. 59.	Ueberwindung starker Gefälle	114
§. 60.	Leinpfade	136
§. 61.	Sonstige Schiffahrts-Anlagen	148
§. 62.	Holz-Flösserei	158

Abschnitt XI.

Schiffsschleusen 169

§. 63.	Anordnung der Schiffsschleusen	171
§. 64.	Die Schleusenkammer	192

	Seite
§. 65. Die Schleusenhäupter	211
§. 66. Anordnung der Thore	246
§. 67. Hölzerne Schleusenthore	259
§. 68. Eiserne Schleusenthore	285
§. 69. Befestigung der Schleusenthore	313
§. 70. Unterstützung der Schleusenthore	336
§. 71. Oeffnen und Schliessen der Thore	357

Inhalts-Verzeichniss

des dritten Bandes

Abschnitt IX.

Vertheilung des Fahrwassers (Fortsetzung)

1	Vertheilung des Fahrwassers (Fortsetzung)	53
2	Vertheilung des Fahrwassers (Fortsetzung)	54
45	Vertheilung des Fahrwassers (Fortsetzung)	55
55	Vertheilung des Fahrwassers (Fortsetzung)	56
70	Vertheilung des Fahrwassers (Fortsetzung)	56

Abschnitt X.

Schiffbau-Anlagen

81	Schiffbau-Anlagen	57
82	Schiffbau-Anlagen	58
104	Schiffbau-Anlagen	59
114	Schiffbau-Anlagen	60
126	Schiffbau-Anlagen	61
148	Schiffbau-Anlagen	62
158	Schiffbau-Anlagen	62

Abschnitt XI.

Schiffschleusen

169	Schiffschleusen	63
171	Schiffschleusen	64
182	Schiffschleusen	64

Sechster Abschnitt.

Verteilung des Fahrweges.

Einleitung.

Neunter Abschnitt.

Vertiefung des Fahrwassers.

Fortsetzung.

Neunter Abschnitt

Fortsetzung des Fünften

Fortsetzung

§. 53.

Sprengen der Felsen.

Wenn die im Fahrwasser liegenden Geschiebe so groß sind, daß sie weder mit Zangen noch Hakenkeilen gefaßt, noch mit den zu Gebote stehenden Maschinen gehoben werden können, so müssen sie in kleinere Stücke zerlegt werden. Häufig setzen durch das Strombett auch gewachsene Felsbänke, auf welchen die nöthige Wassertiefe fehlt. In beiden Fällen kommt es darauf an, die der Schifffahrt hinderlichen Theile des Gesteins von der ganzen Masse zu trennen, und dieses geschieht vorzugsweise durch Sprengen mit Pulver, oder andre explodirende Verbindungen.

Wenn der Fels klüftig ist, so läßt sich derselbe zuweilen dadurch zerstückeln, daß man starke Brechstangen in die natürlichen Fugen stößt und letztere durch kräftige Bewegung so erweitert, daß die gelösten Theile gehoben werden können, doch ist hierzu nicht leicht Gelegenheit, da nicht nur die Masse in ziemlich lockerm Zustande sich befinden, sondern auch das Wasser so klar sein muß, daß man die Fugen deutlich wahrnehmen kann. In letzter Beziehung bietet freilich das sogenannte Wasserfernröhr, von dem bei Gelegenheit der Taucher-Apparate die Rede sein wird, einige Hülfe, wenn man indessen nicht die zu vertiefende Stelle mit einem Fangedamm umgeben und trocken legen kann, wie zum Beispiel in der Ems geschehn ist, so ist von diesem Verfahren kein ausgedehnter Gebrauch zu machen.

Um einzelne große Geschiebe oder den gewachsenen Felsboden unter Wasser zu sprengen, werden wie beim sonstigen Steinsprengen, zunächst senkrechte oder wenig geneigte cylindrische Löcher gebohrt. In diese bringt man das Schießpulver, das jedoch sorg-

fältig gegen den Zutritt des Wassers geschützt werden muß, verbindet es mit Zündschnüren und verschließt die Bohrlöcher durch den sogenannten Besatz, um der Entladung in der Richtung der Bohrlöcher vorzubeugen, und die Kraft gegen die Steinmasse zu richten.

Unter allen bekannt gewordenen Methoden zum Steinsprengen unter Wasser stimmt die vom spätern Geheimen Ober-Baurath Cochius bei Schiffbarmachung der Alle angewendete, am meisten mit derjenigen überein, die in den Steinbrüchen üblich ist. *) Die zu beseitigenden Steine waren hier große abgerundete Granitgeschiebe, wie solche in Ostpreußen fast überall vorkommen. Indem nur die Fahrtiefe von 3 Fuß dargestellt werden sollte, so durften die tiefer liegenden Blöcke unbeachtet bleiben, wiewohl man zuweilen selbst in 5 Fuß Tiefe die Steine anbohren und sprengen mußte.

Nachdem der Stein von einem Nachen aus, der an beiden Ufern befestigt war, gehörig untersucht und die passendste Stelle für den Schuß ermittelt war, wurde mit einem Kronenbohrer von pyramidalen Form eine breite Vertiefung im Steine dargestellt, die man leicht wieder finden konnte. Sobald dieselbe etwa 2 Zoll tief war, setzte man die Arbeit mit dem Meißelbohrer fort. Das Bohrloch war 1 Zoll weit und seine Länge im Allgemeinen dem dritten Theil der Höhe des Steins gleich. Bei den kleinsten Steinen bohrte man 1 Fuß, bei den größten bis 2 Fuß tief. Hierauf wurde die Mündung des Bohrlochs mit einem passend geformten größern Kronenbohrer konisch erweitert, so daß sie oben 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll weit geöffnet war.

In diese Erweiterung wurde die entsprechende Spitze einer hölzernen Röhre getrieben. Letztere bestand aus einem geraden und astfreien Holz von 3 Zoll Durchmesser, und war $1\frac{1}{2}$ Zoll weit gebohrt. Die Spitze war in der konischen Fläche vielfach eingekerbt und dadurch möglichst uneben gemacht. Man umwand sie mit einer dünnen Lage Heede (dem Abgange beim Kämmen des Flachses) und strich darüber eine Mischung von Terpentinöl, Wachs und Talg. Alsdann wurde die Röhre über den Bohrer in die er-

*) Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend. 1798. II. Seite 72.

weiterte Mündung des Bohrlochs geschoben und durch mäßige Schläge eingetrieben, so daß sie sicher darin stand. Hierauf zog man den Bohrer heraus, legte auf das obere Ende der Röhre ein Brettchen, und schlug sie mit einem schweren Hammer fest ein. Nunmehr schöpfte man mit einem Schwamm, der an einen Stock gebunden war, das Wasser aus dem Bohrloch, und trocknete auf diese Weise sowohl die Wände desselben, als die der Röhre, bis endlich ein trockner Schwamm keine Feuchtigkeit mehr annahm. Um das Eindringen des Wassers sicher zu verhindern, wurde die Fuge zwischen dem Stein und der Röhre noch von aussen mit fettem Thon verstrichen, was bei größern Tiefen durch Leute geschah, die im Tauchen einige Uebung hatten. Während des Ausschöpfens des Bohrloches wurde auch das Steinmehl und die etwa abgefallenen größern Steinstücke mit einem passenden Löffel entfernt.

Nachdem auf diese Weise das Bohrloch ziemlich trocken gemacht war, füllte man es etwa zum dritten Theil seiner Höhe mit Pulver an, und zwar wurde dazu mit Ausschluss der obern, 1 Zoll starken Lage, gewöhnliches grobes Pulver benutzt. Die obere Lage bestand aber aus feinem Pirsch-Pulver. Die Zündnadel, deren unterer Theil aus Kupfer bestand, wurde neben der Wand des Bohrlochs zwei Zoll tief in das Pulver geschoben und trockner Lehm darauf gestreut, den man mit dem Ladestock feststieß. Letzterer war an einer Seite mit einer Nuthe versehen, damit die Zündnadel sein Eindringen nicht hinderte. Der ganz trockne Lehm läßt sich jedoch nicht gehörig festschlagen, daher brachte man über denselben noch feuchten Lehm und Ziegelmehl und bildete daraus den eigentlichen Besatz, der nicht nur das ganze Bohrloch füllte, sondern sogar 1 Zoll in die hölzerne Röhre reichte. Nunmehr wurde die Nadel vorsichtig herausgenommen, durch einen hinreichend langen Rohrstengel oder ein feines hölzernes Röhrchen gezogen und mit demselben wieder eingesetzt. Man zog die Nadel alsdann aus diesem Röhrchen heraus, und durch letzteres wurde feines Pulver in die Rinne zur Seite des Lehmbesatzes eingeschüttet. Man schüttete aber, nachdem das Röhrchen fortgenommen war, noch so reichlich Pulver auf, daß dasselbe etwa $\frac{1}{2}$ Zoll hoch über dem Lehmpfropfen lag.

Der auf diese Weise vorbereitete Schuß wurde endlich durch

ein Stückchen glühenden Schwammes entzündet, das man mittelst einer Zange herabfallen liefs, oder gewöhnlich nur aus freier Hand hineinwarf. Der Arbeiter, der den Schufs anzündete, mußte sich nur hüten, von der hölzernen Röhre getroffen zu werden, die meist senkrecht in die Höhe flog. Im Uebrigen fand bei der Explosion keine Gefahr statt, denn die Steinstücke wurden nicht leicht über Wasser geworfen, es lösten sich in der Regel auch keine kleinen Theile, vielmehr spaltete der ganze Stein regelmässiger als in freier Luft und trennte sich gemeinhin nur in wenige grössere Stücke.

Manche Steine waren so gros, dafs sie fünf bis sechsmal gesprengt werden mußten, bevor die einzelnen Stücke mit der Zange gefafst werden konnten. Durchschnittlich kostete das Sprengen jedes Steins einen Thaler.

Einige der hierbei gebrauchten Apparate sind Fig. 228. auf Taf. XXVIII. dargestellt; *a* zeigt den mit Schwamm umwundnen Stock, *b* den Löffel, dessen man sich zum Ausnehmen des Bohrschlammes bediente, *c* die Zündnadel und *d* den Ladestock. Die Bohrer waren nicht wesentlich von denjenigen verschieden, welche im ersten Theil dieses Handbuches §. 11. beschrieben sind.

Wichtiger waren die von Thunberg beim Bau des Hafens von Carlscrona in grosser Tiefe vorgenommenen Sprengungsarbeiten. Fellers *) bezeichnet das dabei angewendete Verfahren in folgender Weise.

Mit einem Steinbohrer von 3 Zoll Durchmesser bohrt man in den Stein ein Loch von hinreichender Tiefe. Der Bohrer ist so lang, dafs er bis über die Oberfläche des Wassers reicht. Zum Einsetzen des Schusses dient eine Röhre von Weifsblech, die unten mit einem Boden versehen und dicht gelöthet ist, so dafs das Wasser nicht hineindringen kann. Ihr unteres Ende muß so weit sein, dafs es das Bohrloch im Steine füllt. Sie ist gleichfalls so lang, dafs sie bis über die Oberfläche des Wassers heraufreicht. Ferner gebraucht man zwei eiserne Keile, ähnlich denjenigen, womit Steine gehoben werden. Der eine derselben hat sein dickes Ende oben, der andere unten. Wenn beide aufeinander gelegt werden, bilden sie einen Cylinder. An denjenigen Keil, dessen dickes

*) *Essais de bâtir sous l'eau.* Stockholm 1776.

Ende nach unten gekehrt ist, bindet man mit einer Schnur die Patrone, welche das Pulver enthält. An dieser Schnur versenkt man ihn in die Röhre, so daß die Patrone auf dem Boden der letztern steht. Der andre Keil ist an dem obern, oder dem dicken Ende mit einer eisernen Stange verbunden, die gleichfalls bis über die Röhre herausreichen muß, außerdem ist in die schräge Ebne, in welcher beide Keile sich berühren, eine Rinne eingefeilt. In diese Rinne bringt man die Papierröhre, worin sich die Zündschnur befindet, und bedeckt die letzte im übrigen Theil ihrer Länge mit einer dünnen hölzernen Rinne, die mit einem Faden an jene Eisenstange gebunden wird. Alsdann kann das Feuer sich von oben her durch die hölzerne Rinne und durch die in den Keil eingefeilte Rinne bis zur Patrone fortsetzen. Diesen zweiten Keil schiebt man mittelst der daran befindlichen eisernen Stange zugleich mit der Zündschnur und der hölzernen Rinne in die Blechröhre herab. Nachdem Alles auf dem Lande zusammengesetzt ist, stellt man die Blechröhre in das Bohrloch und klebt den Zünder mit Thon an die hölzerne Rinne und die Eisenstange. Alsdann ist der Schuß vorbereitet. Um aber wenigstens einen Theil des Apparats später wieder benutzen zu können, bindet man die Blechröhre an die Balken eines vor Anker liegenden Flosses, legt andre Holzstücke auf dieses, und darüber endlich eine Bohle, die genau über die Mündung der Blechröhre treffen muß, ohne jedoch die Stange, noch sonst einen Theil des Apparats zu berühren. Um der Bohle noch mehr Widerstand zu geben, legt man einen Stein darauf. Alsdann brennt man den Zünder an. Der Keil, dessen untere Fläche den Stoß des Schusses zunächst empfängt, kann den zweiten Keil, der ihn hält, nicht herastreiben. Beide klemmen sich daher stark gegeneinander, schliessen das Bohrloch und der Stein muß zerspringen. Der mit der Spitze abwärts gekehrte Keil nebst der daran befestigten Stange, wird gemeinhin in die Höhe geworfen, und die Stange durchbohrt die Bohle und bleibt darin stecken, so daß man sie nebst dem Keil bei den folgenden Schüssen wieder benutzen kann. Der andre Keil und das untere Ende der Blechröhre werden dagegen bei jedem Schuß zerstört, oder sind später nicht wieder zu finden.

Nach der von Fellers mitgetheilten Zeichnung ist das Bohrloch nahe 3 Fuß tief, die Patrone 1 Fuß hoch, und eben so lang sind

sind auch die Keile. Fig. 229. zeigt den ganzen Apparat, nämlich *a* die sämtlichen Theile in ihrer Zusammensetzung, *b* den mit der breiten Seite nach unten gekehrten Keil, *c* denselben mit der Patrone und der Schnur, *d* den andern Keil mit der eisernen Stange und der eingefeilten Rinne, so wie *e* die hölzerne Rinne. Die Tiefe, in welcher gesprengt wurde, war ohne Zweifel mit der allgemeinen Meerestiefe an der Stelle, wo der Fangedamm errichtet wurde, übereinstimmend, betrug also etwa 20 Fufs.

Dieselbe Anordnung des Apparats wurde einige Jahre später bei den Sprengungs-Arbeiten in der Donau wieder gewählt. In der Beschreibung derselben *) wird gesagt, daß bei Anwendung der beschriebenen eisernen Keile der Schufs zwar sehr sicher erfolgte, und niemals die Entladung durch das Bohrloch stattfand, daß aber im Vergleich mit demjenigen Verfahren, wobei der obere Theil des Bohrloches durch kleine Steinstücke, Thon u. dergl. gefüllt und fest ausgeschlagen wurde, die Wirkung einer gleichen Pulvermenge viel geringer ausfiel. Es wird ferner erwähnt, daß die Wirkung um so geringer war, je weniger genau die Keile schlossen, und je gröfser der Spielraum zwischen dem Bohrloch und der Röhre blieb. Man versuchte auch, den untern Keil, der jedesmal zur Seite geschleudert wurde und alsdann nicht wieder zu finden war, aus hartem Holz darzustellen, indem man sogar hoffte, dadurch einen genauern Schluß zu erreichen. Dieser Versuch mißglückte aber vollständig, indem die hölzernen Keile zersplittert wurden, und die Entladungen durch das Bohrloch erfolgten, ohne den Stein zu sprengen.

Die Wirkung der Keile besteht ohne Zweifel darin, daß beide beim Explodiren des Pulvers aufwärts getrieben werden, jedoch nicht mit gleicher Kraft. Derjenige, dessen gröfsere Basis abwärts gekehrt ist, und der überdies ein geringeres Gewicht hat, als der andre, wird stärker heraufgestofsen. Er überholt daher jenen, beide drängen sich gegeneinander, und schliessen das Bohrloch. Die Blechröhre wird bei diesem Zusammenstofsen ohne Zweifel sogleich gesprengt und die Keile pressen sich so kräftig an die Wände des Bohrlochs, daß der ganze Schufs sich nicht mehr nach oben

*) Nachrichten von den 1778 bis 81 in dem Strudel der Donau vorgenommenen Arbeiten Wien 1781. Seite 27.

entladen kann und folglich seitwärts wirken muß. Es ist indessen klar, daß wenn schon die Röhre das Bohrloch nicht vollständig ausfüllt, die Keile dieses noch weniger thun können, sie lassen vielmehr, wenn sie sich auch weit übereinander schieben, zu beiden Seiten freie Räume offen, durch welche ein großer Theil der comprimierten Luft entweichen kann. Andererseits ist es aber nicht in Abrede zu stellen, daß die Methode nicht nur große Bequemlichkeit bietet, sondern auch in sofern sehr sicher ist, als beim Einschieben der Keile eine Beschädigung der Blechröhre und des Zünders weniger zu besorgen ist, als wenn der Besatz darin eingestampft wird.

Bei diesen Sprengungs-Arbeiten an der Donau wurde außer der so eben beschriebnen noch eine andre Methode angewendet, die zwar weniger sicher, aber, wenn sie glückte, bei gleicher Ladung viel wirksamer war, als die erste. Eine Blechbüchse, Fig. 230. *a*, oben geschlossen und unten mit einem Deckel versehen, der wasserdicht aufgesetzt werden konnte, wurde durch die Pulverladung vollständig gefüllt. Oben war eine feine Blechröhre, oder die Zündröhre angelöthet, durch welche der Zündfaden gezogen wurde. Letzterer mußte zuerst und zwar so tief hineingesteckt werden, daß er bis mitten in die Pulverbüchse reichte. Alsdann füllte man diese an, und schob den Deckel auf, dessen vorstehender Rand vorher mit Talg eingerieben war, um den Zutritt des Wassers zu verhindern. Die Büchse wurde nunmehr in das Bohrloch geschoben (Fig. 230. *d*). Indem man jedoch besorgte, daß bei dem Feststoßen des Besatzes die Pulverbüchse und Zündröhre leiden könnten, so wurde zum Schutz beider eine starke eiserne, am untern Ende mit einer Scheibe versehene Rinne, Fig. 230. *b*, darüber gelegt, die bis über Wasser sich fortsetzte.

Die Scheibe oder Schutz-Platte durfte indessen nicht unmittelbar auf der Büchse aufliegen, weil letztere alsdann durch die Stöße beim Einstampfen des Besatzes noch beschädigt werden konnte. Man zog daher die in Fig. 230. *c* dargestellte Schraubenklemme über die eiserne Rinne und zugleich über die Zündröhre, bis die nach unten gekehrte starke Schraube, die als Fuß diente, den Felsen berührte. Hierauf hob man die Klemme zugleich mit der Rinne wieder heraus, und befestigte durch die drei Seitenschrauben beide gegen einander, wobei indessen die Zünd-

röhre so viel Spielraum behielt, daß sie nicht mitgefaßt wurde. Man stellte alsdann den Apparat wieder ein, und mittelst eines langen Schraubenschlüssels wurde der Kopf der nach unten gekehrten Schraube etwa einmal umgedreht, um den gewünschten Spielraum zwischen der Pulverbüchse und der Platte darzustellen. Endlich wurde mit Hülfe eines Trichters das Material, woraus der Besatz gebildet werden sollte, nämlich feine Steinstückchen und Thon in das Bohrloch geworfen, und durch einen passend geformten Ladestock in dünnen Lagen festgestampft. Fig. 230. *d* zeigt die Zusammensetzung der ganzen Vorrichtung.

Der über die Felsen stürzende Strom war hier so heftig, daß man besondere Vorkehrungen zur Mäßigung desselben treffen mußte. Diese bestanden darin, daß man theils gewöhnliche Schiffe oberhalb der zu sprengenden Felsen durch Einlassen von Wasser auf den Grund stellte, theils aber benutzte man dazu auch besondere Staukasten, wie Fig. 231. einen solchen zeigt. Die Dimensionen derselben sind nicht mitgetheilt, es ergibt sich aber aus der Figur, daß sie im Grundriß nahe rechtwinklige und zwar gleichschenklige Dreiecke bildeten, deren Schenkel sich über die Basis, d. h. über die dritte Seitenwand des Kastens verlängerten, und dadurch den Strom noch vollständiger von dem dazwischen liegenden Raum abhielten. Die Kasten selbst waren wasserdicht, und wurden mit Kies so stark beschwert, daß sie auf dem Grunde aufstanden. Man fand es aber vortheilhaft, mehrere solcher Kasten von geringer Höhe übereinander zu setzen, wodurch theils die Mühe der Aufstellung vermindert, besonders aber bei plötzlichen Anschwellungen das Abfahren erleichtert wurde, indem alsdann nur einige Arbeiter in den obern Kasten hineinsteigen und den darin befindlichen Kies auswerfen durften, worauf dieser Kasten forttrieb und die übrigen, die nicht belastet waren, sich hoben und gleichfalls leicht fortgebracht werden konnten.

Diese Arbeiten wurden im vorigen Jahrhundert ohnfern des Städtchens Grein in dem berühmten Donau-Wirbel und Donau-Strudel ausgeführt, wovon bereits §. 21. die Rede war. Die Schifffahrt blieb indessen, wie oben erwähnt, hier noch immer sehr gefährlich, woher in neuerer Zeit die Sprengungen fortgesetzt sind. Auch weiter abwärts bei Orsowa in dem sogenannten eisernen

Thor hat man ähnliche Arbeiten unternommen, die zu sehr günstigen Erfolgen geführt haben sollen. Wegen der scharfen Windungen der tiefsten Rinne im heftigen Strom zwischen den Felsen war hier die Schifffahrt früher beinahe ganz unterbrochen, nach den 1847 bis 1849 von der Dampfschiffahrts-Gesellschaft ausgeführten Felsen-Sprengungen geht nunmehr nicht nur Dampfschiffe auf- und abwärts hindurch, sondern es werden von solchen auch Segelschiffe herauf geschleppt. *) Nähere Angaben über das dabei angewendete Verfahren sind nicht bekannt geworden.

Es ist schon erwähnt (§. 52.), daß mehrere große Granitblöcke, welche früher die Mündung der Dange zum Theil sperrten, durch den Hafen-Bauinspector Veit in Memel beseitigt wurden. Sie waren so schwer, daß sie vor dem Heben gesprengt werden mußten, und hierzu wurde ein Verfahren angewendet, welches von den bisher beschriebnen Methoden in mancher Beziehung abweicht. **)

Die Bohrlöcher waren 1 Zoll 9 Linien weit und 27 Zoll tief, sie wurden aber in ihrer Mündung konisch bis auf 5 Zoll erweitert, um darin hölzerne Röhren einsetzen zu können. Die Pulverbüchse bestand wieder in einem Cylinder aus Weißblech, der jedoch oben und unten durch aufgelöthete Böden verschlossen war. Der obere Boden war zum Einschütten des Pulvers mit einer kleinen Oeffnung versehen, und außerdem war eine blecherne Zündröhre daran gelöthet, die bis über Wasser reichte. Die Pulverbüchse war 9 Zoll hoch und hielt 1 Zoll $7\frac{1}{2}$ Linien im äußern Durchmesser, so daß sie in das Bohrloch, welches $1\frac{1}{2}$ Linien weiter war, leicht eingeschoben werden konnte. Die Zündnadel war $4\frac{1}{2}$ Linien stark. Der Schuß wurde in der Art vorbereitet, daß zuerst der Zündfaden in die Zündröhre eingeschoben wurde, und zwar so weit, daß er bis zum Boden der Pulverbüchse herabreichte. Dieser Zündfaden bestand aus mehreren, lose gesponnenen und schwach zusammengedrehten baumwollenen Fäden, in welche man einen aus Pulver und Rum gebildeten Brei eingerieben hatte. Diese Zurichtung wurde gewählt, weil bei unmittelba-

*) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1850. Notizblatt Seite 279.

**) Beiträge zur Kunde Preussens. I. Seite 221.

rer Anfüllung der Zündröhre mit Pulver das Feuer sich nur wenige Fuß weit fortsetze, und die Entzündung des Schusses bei der vorhandenen großen Tiefe nicht erfolgte.

Sobald der Zündfaden eingebracht war, wurde die Pulverbüchse gefüllt, und die obere Oeffnung mit einem gut passenden Kork geschlossen. Ehe man indessen den Schuß in das Bohrloch brachte, wurde in dessen obere Erweiterung eine 8 Zoll starke und $2\frac{1}{2}$ Zoll weit ausgebohrte tannene Röhre gesteckt, die dem Bohrloch entsprechend, am untern Ende konisch zugespitzt war. Durch die Oeffnung dieser Röhre konnte die Pulverbüchse sehr sicher und bequem eingesetzt werden, außerdem aber wurde es hierdurch auch möglich, den Thon, der den Besatz des Schusses bilden sollte, vor starker Benetzung und völligem Erweichen zu sichern. Der letzte Zweck erforderte einen wasserdichten Schluß zwischen der Röhre und dem Stein, und ein solcher wurde dadurch bewirkt, daß das konische Ende der hölzernen Röhre unten nur schwach, weiter aufwärts dagegen sehr stark mit Heede umwunden, und diese mit einer Mischung von Theer und Asche bestrichen war. Außerdem wurde ein ringförmiger Sack aus Segeltuch, der mit grobem Kies gefüllt war, oberhalb dieser Umwicklung an die Röhre genagelt, und er bildete, wenn die Röhre fest eingetrieben wurde, einen Schirm, der die ganze Packung zusammenhielt, und namentlich das Herausziehen des Polsters aus Heede, oder dessen völlige Ablösung verhinderte. Fig. 232. zeigt die ganze Anordnung.

Nachdem die hölzerne Röhre aufgesetzt und mit einer Handramme fest eingetrieben war, entfernte man mittelst eines Schwammes das Wasser aus dem Bohrloch, schob die Pulverbüchse an der Zündröhre hinein, und schüttete trocknen Lehm mit Ziegelmehl auf, der in dünnen Schichten mit einem passend geformten Ladestock vorsichtig festgestampft wurde.

Die Sprengung geschah unter Eis. Die Explosion war kaum hörbar, und die Eisdecke wurde gar nicht erschüttert. Die hölzerne Röhre sprang aus dem Wasser und war unten gespalten, die Zündröhre dagegen wurde weit fortgeschleudert. Der Stein selbst war stets regelmäfsig gesprungen, und die Fuge etwa einen halben Zoll weit geöffnet.

Diese Oeffnung genügte nicht, um einen Arm der Steinzange einbringen, und mittelst derselben den gelösten Theil heben zu kön-

nen. Es mußte daher eine andre Vorrichtung zum Fassen des Steins gewählt werden, und dieses war der Hakenkeil, den schon Thunberg mit Vorthail benutzt hatte. Es kam indessen auch darauf an, denselben so anzusetzen, daß er ungefähr die Richtung des Zuges hatte, nachdem der Stein bereits aus dem Grunde gehoben war. Zu diesem Zweck begnügte man sich nicht mit einem Hakenkeile, sondern benutzte wenigstens zwei derselben.

Nachdem, wie oben (§. 52.) erwähnt, die Form des Steins, wenigstens im horizontalen Querschnitt ermittelt war, wurden von der beschriebnen Rüstung aus die zur Aufnahme der Hakenkeile passenden cylindrischen Oeffnungen gebohrt. Diese waren 1 Zoll 10 Linien weit und wenigstens 15 Zoll tief.

Der Hakenkeil besteht nach Fig. 226. aus zwei Theilen, einem kürzeren, dessen oberes Ende mit dem Haken versehen ist, der von der Kette des Hebezeuges gefaßt wird, und einem längern, dem Schluskeil, der bis über Wasser reicht. Sind beide Theile so neben einander gelegt, daß ihre untern Enden in eine Ebne fallen, wie Fig. 226. *a* zeigt, so bildet ihr Querschnitt eine Ellipse (Fig. 226. *c*), und zwar muß die große Achse derselben etwas größer, und die kleinere etwas kleiner als der Durchmesser des Bohrlochs sein. Beide Theile werden durch eine schräge Schnitt-Ebene von einander getrennt, welche ihnen die keilförmige Gestalt giebt.

Will man mit diesem Apparat den Stein fassen, so schiebt man den längern Theil, oder den Schluskeil zurück, wie Figur 226. *b* zeigt, und befestigt ihn mit einem Faden oder Draht an den Haken. Man schiebt hierauf beide Theile in das Bohrloch, jedoch nur so weit, daß der Hakenkeil nicht den Boden desselben berührt. Das untere Ende des Schluskeils dringt gleichfalls in das Bohrloch, indem bei dieser Stellung der Keile gegeneinander ihre gemeinschaftliche Breite noch kleiner bleibt, als der Durchmesser des Bohrlochs. Hierauf treibt man den Schluskeil, dessen Kopf bis über den Wasserspiegel vorragt, mit einem schweren Hammer nach. Die oben erwähnte leichte Verbindung beider Theile löst sich dabei, und der Hakenkeil wird so fest geklemmt, daß er durch den stärksten Zug nicht herausgerissen werden kann, so lange dieser gegenseitige Druck besteht. Der Haken, in welchen die Kette des Hebezeugs eingreift, muß ziemlich nahe über der Oberfläche

des Steins bleiben, damit er nicht etwa abbricht, falls der Stein, dessen Form und Schwerpunkt man nicht genau kennt, beim Heben eine andre Lage annehmen sollte. Man befestigt aber den Haken, bevor er eingesetzt wird, an die Zugkette. Der Schlufskeil hat oben eine Oese, damit man ihn bequem herablassen und festbinden kann. Noch muß erwähnt werden, daß man bei größern Steinen zwei oder drei Hakenkeile einsetzte, deren jeder durch eine besondere Kette gefaßt wurde. Im letzten Falle behielt der Stein seine frühere Lage, wenn nur sein Schwerpunkt innerhalb der drei Unterstützungs-Punkte lag. Wollte man endlich, nachdem der Stein gehoben war, die Keile lösen, so genügten dazu einige Hammerschläge auf den Haken, der nicht auf dem Boden des Bohrlochs aufstand, weil er sonst nicht weiter herabgetrieben werden konnte.

Schon vor dem Einsetzen hing man die Haken in starke Stropfen, die mit Kauschen (Theil I. §. 35.) versehen waren, woran Flaschenzüge befestigt wurden. Sodann band man die Stropfen und die obern Theile der Haken an Stäbe, um sie sicher in die Bohrlöcher bringen zu können, worauf die Schlufskeile eingestellt und festgeschlagen wurden. Die Hakenkeile wurden aber in solcher Richtung eingesetzt, daß beide Schlufskeile von einander abgekehrt waren. Dadurch wurde der Vortheil erreicht, daß dieselben bei eintretender Seitendrehung des Steins nicht gegen die Stropfen sich lehnen konnten, wodurch sie möglicher Weise gelöst wären.

Zu den wichtigsten Sprengungs-Arbeiten der neuern Zeit gehören diejenigen, die im felsigen Bette des Rheins von Bingen abwärts bis gegen St. Goar ausgeführt sind. Der Hundsrück und der Taunus treten hier auf beiden Ufern einander gegenüber, und das Gebirge, welches im Strombette sich fortsetzt, verbindet beide. Wenn im Laufe der Zeit zwischen den vielen höhern Klippen, die sogar über Wasser treten, auch tiefere Rinnen sich ausgebildet haben, so bleibt das Bett doch so beschränkt, daß die Wassermasse nur mit großer Geschwindigkeit, also mit starkem Gefälle abgeführt werden kann. In den ersten 1600 Ruthen unterhalb der Mündung der Nahe beträgt das relative Gefälle 1 : 1606, doch ist auch dieses keineswegs gleichmäßig vertheilt, also stellenweise noch größer. Die stärksten Gefälle, die sich bei niedrigem Wasserstande als förmliche Wasserstürze darstellen, befinden sich in dem berühmten Binger-Loch und weiter abwärts zwischen Caub und

Bacharach in dem Wilden Gefähr. In gewisser Beziehung ist die letzte Stelle noch gefährlicher, als die erste, denn im Binger-Loch liegt das Fahrwasser unmittelbar neben dem rechten Ufer, während das Wilde Gefähr in der Mitte des sehr breiten Stroms durchfahren werden muß, wo also die tiefe Stromrinne schwieriger zu finden ist. Die relativen Gefälle sind hier größer, als sonst irgendwo auf dem ganzen Rhein zwischen Basel und der Nordsee, die Bergfahrt ist daher schwierig und die Thalfahrt wegen des starken Wassersturzes und wegen der geringen Breite und Tiefe und der vielfachen Windungen des Fahrwassers zwischen den höhern Felsköpfen höchst gefährlich. Andre Stellen, wie das Winker-Loch vor Lorchhausen, die Bank oberhalb St. Goar und mehrere andre sind weniger gefährlich, obwohl sie gleichfalls nur mit Vorsicht und genauer Lokalkenntniß sicher durchfahren werden können.

Das Gebirge, welches den Strom durchsetzt, besteht aus Grauwacke, worin vielfach und zum Theil mächtige Lagen Quarz eingesprengt sind. Diese haben dem Stofs des Wassers und Eises, auch wohl dem der Schiffe und Flösse widerstanden, während die weichere Grauwacke bis zu größerer Tiefe ausgebrochen ist. Das eigentliche Binger-Loch ist die Fahrrinne in einem scharfen Felsrücken, der sich unterhalb der Ruine Ehrenfels quer durch den Rhein erstreckt und aus einer besonders mächtigen, aufwärts gekehrten Quarz-Schicht besteht. Fig. 255. auf Taf. XXXIII. zeigt die Situation des Binger-Lochs und seiner nächsten Umgebungen.

Nach verschiednen ziemlich unsichern Nachrichten sollen hier schon zur Zeit der Römischen Kaiser und später unter Karl dem Großen einzelne besonders gefährliche Felsen ausgebrochen sein. Der Erzbischof Siegfried zu Mainz, der zur Zeit Heinrich IV. lebte, nahm diese Arbeiten wieder auf, doch blieb die Schifffahrt so behindert, daß nur kleinere Fahrzeuge und Holzflösse zu Thal fuhren, die Bergfahrt aber bei Asmannshausen unterbrochen war, und alle Güter hier ausgeladen, auf den steilen Bergpfaden über den Niederwald transportirt, und erst bei Eibingen oberhalb Rüdesheim wieder in Schiffe verladen wurden.

Sehr bedeutend waren die Arbeiten, die im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts das Handlungshaus von Stockum in Frankfurt ausführen liefs. Das noch jetzt als Fahrrinne benutzte Binger-Loch soll damals eröffnet sein.

Später geschah nichts für die Verbesserung des Fahrwassers. Eines Theils mag im Laufe einiger Jahrhunderte, und namentlich nachdem eine bestimmte Rinne vorgezeichnet war, der Strom und das Eis, so wie auch die darüber gehenden Fahrzeuge die Tiefe etwas vergrößert haben. Dieses ist um so wahrscheinlicher, als alle vortretende Felsköpfe glatt abgeschliffen sind, und dadurch auch die Gefahr beim Aufstoßen etwas vermindert wurde. Andern Theils bildeten sich nach und nach die Lokal-Steuerleute besser aus, und indem sie die Gefahr in ihrer ganzen Grösse kannten, so führten sie nur bei günstiger Witterung die Schiffe hindurch, und sorgten dafür, daß dieselben nicht bis zur ganzen vorhandenen Tiefe eintauchten, sondern noch hinreichendes Wasser unter dem Boden behielten. Der Nullpunkt des alten Pegels in Bingen, der früher die zulässige Tiefe der Einsenkung bezeichnet haben soll, liegt einen vollen Fuß, Cölner Maafs, über der Sohle des Binger-Lochs. So geschah es, daß ohnerachtet der sehr grossen Erschwerung der Schifffahrt und namentlich des sehr lästigen Zeitverlustes, dennoch wenig Unglücksfälle vorkamen, und die Klagen über die schlechte Beschaffenheit des Fahrwassers lange Zeit hindurch nicht die Aufmerksamkeit der Regierungen und des Publikums auf sich zogen. Die Schiffer betrachten gemeinhin Schifffahrtshindernisse, die sie aus frühster Jugend kennen, als nothwendige Uebel, die sich nicht beseitigen lassen. Sie fangen erst an zu klagen, wenn einzelne Schifffahrtshindernisse beseitigt sind, also ein augenscheinlicher Beweis vorliegt, daß die uralten Uebelstände wirklich entfernt werden können.

Die Einführung der Dampfschiffe auf dem Rhein liefs die damaligen Mängel sehr deutlich erkennen. Wenn die Boote auch den ungünstigen localen Verhältnissen entsprechend eingerichtet waren, so wurde doch nunmehr die Forderung gestellt, daß die Fahrten regelmäfsig, also unabhängig von dem Wasserstande und der Witterung stattfinden sollten. Diese Bedingung liefs sich freilich nicht vollständig erfüllen, bei starkem Nebel und bei besonders niedrigem Wasser hört auch gegenwärtig der Dienst auf, aber widrige Winde, die in dortiger Gegend besonders häufig eintreten, sollten die Fahrten nicht mehr behindern, und dieses war bei der Enge und den vielfachen Krümmungen des Fahrwassers nicht möglich. Bald nach Eröffnung der Dampfschifffahrt stiefs im Jahr 1825 das Schiff Con-

cordia unterhalb des Binger-Lochs auf einen Felsen außerhalb des Fahrwassers und wurde stark beschädigt. Dieses Ereigniss, welches ohne Verschulden des Schiffsführers und Lootsen eingetreten war, bedrohte die vor Kurzem ins Leben getretene und für den Verkehr so wichtige Dampfschiffahrt.

Eine genaue Untersuchung des Fahrwassers und seiner Umgebungen wurde nunmehr angeordnet, und darauf begannen die wichtigen Sprengungen, die bis zum Jahr 1841 fortgesetzt wurden. Soweit sich diese auf die Strecke von oberhalb der Mündung der Nahe bis unterhalb des Binger-Lochs beziehen, sind die betreffenden Felsen im Situations-Plan Fig. 255. angegeben. Die beseitigten Felsen sind darin nur durch Contouren bezeichnet, während diejenigen, welche als unschädlich angesehen, und daher nicht gesprengt wurden, dunkel gehalten sind. Jene wurden soweit entfernt, dafs sich über ihnen derselbe Wasserstand, wie im frühern Binger-Loch darstellte. Unter diesen herabzugehn würde wegen der übermäfsigen Ausdehnung der Sprengungs-Arbeiten zu grofse Kosten veranlafst haben, auch durfte der Stau, den die Felsen verursachten, nicht vermindert werden, da sonst die oberhalb belegene Strecke, vorlängs des Rhein-Gaus, die an sich schon sehr mäfsige Schiffahrts-Tiefe verloren haben würde. Es handelte sich also nur um die Darstellung einer hinreichend breiten und möglichst geraden Fahrrinne.

Die Wassertiefe über den in der Figur mit Nummern bezeichneten Felsen waren um die nachstehenden Maafse geringer, als im Binger-Loch:

1. der Fahrstein 2 Fufs 7 Zoll,
2. der Mühlstein, der sich 15 Fufs 3 Zoll über Binger-Loch erhebt, ist nicht gesprengt, da er leicht umfahren werden kann,
3. die Fiddel 2 Fufs 4 Zoll,
4. die Bank 10 Zoll,
5. der Scharfenstein 2 Fufs 3 Zoll,
6. der Reiher 1 Fufs 6 Zoll,
7. der kleine Wegstein 6 Zoll,
8. der grofse Wegstein lag schon früher etwas unter Binger-Loch.
9. Im Lochstein sind die zur Seite des frühern Fahrwassers

vortretenden Felsen soweit beseitigt, daß dieses von 25 Fufs auf 150 Fufs verbreitet wurde,

10. der lange Ort 5 Zoll,
11. die Bänke 3 Fufs 5 Zoll,
12. der sogenannte Fels 1 Fufs 4 Zoll und
13. der Concordia-Stein, auf den das Dampfboot Concordia auf-
fuhr, 3 Fufs 6 Zoll.

Es darf kaum erwähnt werden, daß die vorstehenden Maafse sich keineswegs auf einen gemeinschaftlichen Horizont beziehen, vielmehr dabei schon das Gefälle des Stroms berücksichtigt ist. Indem man die ganze Strecke von Bingen bis St. Goar als ein natürliches Wehr ansehen kann, so darf es nicht befremden, daß auch hier, wie bei künstlichen Wehren das Oberwasser zur Zeit der Anschwellungen sich weniger erhebt, als das Unterwasser. Bei sehr niedrigem Wasser giebt der Cölner Pegel nahe die Fahrtiefe im Binger Loch an, die mit dem Nullpunkt des Binger Pegels übereinstimmt. Bei höherem Wasser sind die Differenzen aber sehr bedeutend, wie nachstehende Tabelle, die aus den Beobachtungen von 1846 entnommen ist, ergibt.

Cölner Pegel.	Binger-Loch Fahrwasser.	Differenz.
4 Fufs 6 Zoll.	4 Fufs 4 Zoll.	0 Fufs 2 Zoll.
5 " 4 "	4 " 11 "	0 " 5 "
7 " 9 "	6 " 4 "	1 " 5 "
8 " 5 "	6 " 9 "	1 " 8 "
9 " 2 "	7 " 2 "	2 " 0 "
10 " 1 "	7 " 9 "	2 " 4 "
15 " 4 "	11 " 1 "	4 " 3 "
22 " 8 "	14 " 7 "	8 " 1 "
25 " 0 "	17 " 1 "	7 " 11 "
26 " 4 "	18 " 0 "	8 " 4 "

Diese Tabelle bezeichnet das Verhältniß der Wasserstände an beiden Orten, doch fehlt es nicht an bedeutenden Abweichungen, die ohne Zweifel von dem zeitweise sehr verschiedenen Erguß des

Hauptstroms und der Nebenströme herrühren. Während der größten Hitze führt der Rhein das Wasser des in der Schweiz schmelzenden Schnees ab, wogegen die Nebenströme, also die Lahn, Mosel, Ahr und Sieg den niedrigsten Stand erreicht haben. Es ergibt sich aus dieser Vergleichung, daß die sehr mäßige Tiefe des Fahrwassers im Binger-Loch zur Zeit der kleinsten Wasserstände weniger störend ist, daß sie aber bei den gewöhnlichen niedrigen Wasserständen zwischen 6 und 8 Fuß am Cölner Pegel schon eine bedeutende Verminderung der Einsenkung der Schiffe bedingt.

Die in den Jahren 1830 bis 1832 auf Kosten der Preussischen Regierung vorgenommenen Sprengungs - Arbeiten im eigentlichen Binger-Loch oder auf dem Lochstein (No. 9. der Zeichnung) hat der ausführende Baumeister van den Bergh ausführlich beschrieben. *)

Das Verfahren beim Sprengen stimmte im Allgemeinen mit dem bereits beschriebnen überein, doch waren dabei, so wie auch in den benutzten Apparaten manche Aenderungen eingeführt. Die Pulverbüchse, deren Höhe dem dritten Theil der Tiefe des Bohrlochs gleichkam, hielt 1 Zoll 8 Linien im äußern Durchmesser. Sie war unten mit einem gut schließenden Deckel versehen, dessen cylindrischer Rand sich in die Büchse hineinschob. Oben, und zwar in der Mitte der Büchse war die blecherne Zündröhre von 3 bis 4 Linien Durchmesser angelöthet. Dieselbe reichte jedoch nicht bis über den Wasserspiegel herauf, sondern war nur 2 Fuß 6 Zoll bis höchstens 3 Fuß lang. Die Zündschnur war durch sie hindurchgezogen, und ihr oberes Ende trat über Wasser vor. Um dieselbe gegen Benetzung zu sichern, mußte der ganze Apparat in eine zweite Blechröhre von 1 Zoll 10 Linien Durchmesser eingesetzt werden, die unten mit einem angelötheten Boden versehen war, und oben bis über das Wasser herausreichte. Die Bohrlöcher waren 2 Zoll weit und durchschnittlich 2 Fuß 2 Zoll tief. In die erwähnte weite Blechröhre wurde die Pulverbüchse eingesetzt, und außerdem mittelst eines Ladestocks, dessen untere Platte eine sichelförmige Gestalt hatte, der Besatz aus angefeuchtetem Lehm bestehend, eingestampft. Nachdem dieses geschehn, brachte man die so vorbereitete Blechröhre in das Bohrloch. Letzteres mußte, um das

*) Die Felsensprengungen im Rhein bei Bingen zur Erweiterung des Thalweges im Binger-Loche von L. van den Bergh. Koblenz 1834.

Hineinfallen von Sand zu verhindern, vorher durch eine konisch zugespitzte Stange geschlossen werden. Sobald aber die Blechröhre eingestellt war, diente der zwischen dieselbe und die Wand des Bohrlochs eintreibende Sand zur vollständigen Ausfüllung des Raums. Soviel wie möglich wurden immer mehrere Schüsse gleichzeitig angezündet, weil man hierdurch eine Verstärkung des Effects zu erreichen hoffte.

Beim Bohren waren jedesmal fünf Mann beschäftigt, zwei drehten den Bohrer und drei schlugen abwechselnd mit Hämmern darauf. Durchschnittlich wurde bei ununterbrochener Arbeit das Bohrloch in jeder Stunde 2 Zoll vertieft, wenn man jedoch alle Nebenarbeiten mit berücksichtigt, und die ganze vorgekommene Arbeitszeit durch die Gesammttiefe aller Bohrlöcher dividirt, so ergibt sich, daß auf je fünf Mann in einer Stunde nur eine Bohrtiefe von 1 Zoll 3 Linien trifft. Nachdem man drei Zoll gebohrt hatte, mußte jedesmal der Bohrer wieder geschärft, und nach achtmaligem Schärfen neu verstählt werden. Letzteres wiederholte sich also auf 2 Fuß Bohrtiefe einmal. Bei jedem Schuß wurden durchschnittlich $4\frac{1}{2}$ Cubikfuß Steinmasse gelöst, oder etwa 4 Quadratfuß der Oberfläche des Felsens abgebrochen. Auf jeden laufenden Fuß Bohrloch trafen nahe 2 Cubikfuß abgesprengten Gesteins.

Bei diesen Arbeiten wurde die Strömung durch einen Staukasten abgehalten, der dem in Fig. 231. auf Taf. XXVIII. dargestellten ähnlich war. Er unterschied sich indessen in seiner Form von diesem, insofern das vordere, dem Strom zugekehrte Ende einen spitzeren Winkel bildete. Der Boden des Kastens war wieder ein gleichschenkliches Dreieck, und zwar von 17 Fuß 6 Zoll Basis und 24 Fuß Höhe, beides im Lichten gemessen. Die Seitenwände traten aber noch 4 Fuß 4 Zoll als Flügel vor die Hinterwand oder die Basis dieses Dreiecks vor. Die Wände waren vorn 12 Fuß 3 Zoll und hinten 11 Fuß 3 Zoll hoch. Der Kasten wurde durch eingepackte Steine oberhalb der Stelle, wo man arbeiten wollte, auf den Grund gesetzt. Die Rüstung zum Bohren und Einsetzen der Schüsse bestand aus einem Floss von 38 Fuß Länge und 18 Fuß Breite, welches in der Art zusammengesetzt war, daß man mit Ausnahme des umgebenden Rahmens, alle Theile beliebig verschieben, und sonach an jeder Stelle innerhalb der Fläche des Flosses die Arbeit vornehmen konnte. Dieses Floss war theils zwischen den

Flügeln des Kastens befestigt, theils aber wurde es auch am hintern Ende noch von zwei angebundenen Ankernachen getragen.

Der Staukasten mit dem Floss bot allerdings für das Sprengen und Bohren eine große Bequemlichkeit, in dem sehr beengten Fahrwasser war er aber für die Schifffahrt höchst störend, und er würde, wenn die Dampf-Schleppschiffe schon damals diesen Theil des Rheins befahren hätten, wie jetzt geschieht, keine Anwendung haben finden können. Besonders wurde das Passiren der Holzflösse sehr erschwert, und dieselben richteten wiederholentlich bedeutende Beschädigungen an dem Kasten an. Letzterer wurde sogar zweimal durch sie vollständig zertrümmert, und als dieses zum zweiten Male geschah, wurde die Arbeit eingestellt.

Wenn auch durch diese bis zum Jahr 1832 fortgesetzten Arbeiten die Durchfahrt durch das eigentliche Binger-Loch wesentlich verbessert war, so gaben doch die vielfachen und nicht unbegründeten Klagen der Schiffer bald Veranlassung, die Felsensprengungen auch an andern benachbarten Stellen wieder aufzunehmen. Selbst das eigentliche Binger-Loch hatte in seiner Verbreitung noch nicht überall die volle Tiefe erhalten. Seit 1839 führte der Bauinspector Elsner diese Arbeiten aus, und das von ihm gewählte Verfahren war in mancher Beziehung von dem frühern verschieden.

Die Bohrlöcher waren $2\frac{1}{2}$ Zoll weit, ihre Tiefe war aber um 6 Zoll größer als die Tiefe, bis zu welcher der Felsen gesprengt werden sollte. Ein Rohr von Weißblech, oben und unten offen und so lang, daß es über das Wasser vorragte, wurde etwa 3 Zoll tief in das Bohrloch eingetrieben. Die Pulverbüchse, die 2 Zoll im Durchmesser hielt, und deren Höhe etwas über den dritten Theil der Tiefe des Bohrlochs, also zwischen 10 und 18 Zoll betrug, war mit einer Zündröhre verbunden, die bis über Wasser heraufreichte. Beide bestanden aus Weißblech und waren zusammengelöthet. Der Deckel am untern Ende der Pulverbüchse wurde vor dem Einschieben mit Talg bestrichen, um gleichfalls einen wasserdichten Schuß zu bilden. In die Zündröhre schob man zuerst den Zündfaden ein, der aus einem losen baumwollenen Faden bestand, in welchen man Pulver, das in Spiritus zerlassen war, eingerieben hatte. Demnächst wurde die Büchse mit Pulver gefüllt, jedoch nicht vollständig, sondern nur so weit, daß sie etwa einen halben Zoll hoch frei blieb.

Nachdem die Pulverbüchse an der Zündröhre durch das Schutzrohr hindurch in das Bohrloch eingestellt war, schüttete man in dieses zuerst eine kleine Quantität feinen Sandes, um den freien Raum auferhalb der Pulverbüchse auszufüllen. Der eigentliche Besatz bestand aus grobem Sand, und diesen warf man so reichlich ein, daß er nicht nur das ganze Bohrloch füllte, sondern sogar einige Zoll hoch über der Oberfläche des Steins das Schutzrohr ausfüllte. Mit einem passend geformten Ladestock wurde zuletzt der Sand vorsichtig festgestampft. Das Anzünden geschah gewöhnlich gleich nach der Vorbereitung jedes einzelnen Schusses. Mehr als zwei Schüsse wurden aber nie zu gleicher Zeit angezündet.

Ich bin beim Abfeuern einiger Schüsse, und zwar auf dem Scharfenstein, zugegen gewesen. Der Wasserstand über dem Stein betrug nahe 8 Fufs. Die Entzündung erfolgte jedesmal unter einem dumpfen Krachen, und die spätere Untersuchung mit dem Visitir-Eisen ergab, daß die Sprengung des Felsens gehörig erfolgt war. Ein Auswerfen einzelner Steinstücke bis über Wasser trat nicht ein, nur die Schutzröhre und Zündröhre, die beide an ihren obern Enden festgebunden waren, brachen unten ab. Sie waren im grössten Theile ihrer Länge nicht beschädigt, und konnten daher wiederholentlich benutzt werden, nachdem die fehlenden Theile erneut waren.

Zum Abhalten des Stroms hatte man hier ein sehr einfaches Mittel gewählt, das, wenn es auch weniger bequem als der Staukasten war, doch den Vortheil gewährte, daß man im Fall der Noth, oder sobald ein Schiff oder Floss dagegen zu stoßen drohte, augenblicklich den ganzen Apparat lösen und treiben lassen konnte. Die Beschädigungen beschränkten sich daher in solchem Fall allein auf die Theile, die vielleicht im Bohrloch schon festgestellt waren. Die erwähnte Vorrichtung bestand in einer Rinne, die dadurch gebildet war, daß man zwei Bretter der Länge nach rechtwinklich auf einander genagelt hatte. Diese Rinne wurde ungefähr senkrecht aufgestellt, so daß der rechte Winkel dem Strom zugekehrt war, und in dem innern Raum zwischen den beiden Brettern wurde gebohrt und das Schutzrohr aufgestellt. Der obere Theil der Rinne war zwischen dem Nachen und einem leichten Floss, das nur aus zwei Bäumen bestand, festgeklemmt, während der untere mit einem Ringe versehene Theil durch ein Tau, das am Vordertheil des

Nachens schräge herabreichte, gehalten wurde. Der Nachen selbst lag vor Anker oder war am Ufer befestigt, und um Seitenbewegungen desselben zu verhindern, waren vier Bäume auf beiden Seiten und zwar sowohl vorn, als hinten, schräge ausgesetzt. Sobald es darauf ankam, einem Schiff oder Floss auszuweichen, durfte man nur das Ankertau oder das Fangetau lösen, worauf sogleich der ganze Apparat frei wurde und mit dem Strom herabtrieb. Nichts desto weniger wurde auch bei diesen Arbeiten der große Staukasten wieder benutzt, so oft die Richtung des Fahrwassers ein Gegenstoßen der Schiffe und Flösse nicht besorgen liefs.

Bei der Zunahme des Schiffsverkehrs auf dem Rhein und namentlich bei der weitem Ausdehnung der Dampf-Schleppschiffahrt haben die Anforderungen sich wieder wesentlich gesteigert, und wenn auch die Tiefe des ursprünglichen Binger-Lochs bei allen Sprengungs-Arbeiten bis St. Goar noch immer als Norm gilt, so waren dennoch die Fahrwasser an vielen Stellen zu verbreiten und gerade zu legen und auch insofern zu vertiefen, als man früher nur die höchsten Kuppen in der Sohle bemerkt und beseitigt hatte, während andre daneben unbeachtet geblieben waren, auf welchen der beabsichtigte Wasserstand sich noch nicht vorfand. Dabei stellte sich auch in mehreren Strecken das Bedürfnis heraus, den stromauf gehenden Schiffen besondere Fahrwasser zu eröffnen, weil in den engen Rinnen ein Beegnen nicht zulässig war, und daher neben diesen Wahrschauen eingerichtet werden mußten, wodurch den aufwärts fahrenden Schiffen durch eine Flagge das Signal zum Anhalten gegeben wurde, sobald ein herabkommendes Schiff oder Floss sich dem Eingange der Rinne näherte. Bei dieser Erweiterung der bestehenden und Eröffnung neuer Fahrwasser durfte indessen der Abfluß des Wassers nicht so verstärkt werden, daß eine Senkung des Wasserspiegels eintreten konnte, weil hierdurch die dargestellte Tiefe wieder verschwunden, auch in den oberhalb belegenen Stromstrecken vielleicht neue Untiefen sich gezeigt hätten. Es mußte also in solchem Falle eine Verbauung des Strombetts erfolgen, die das Wasser in gleichem Maasse zurückhielt, wie der Abfluß durch die Aenderung jener Rinnen befördert wurde.

Fig. 255. auf Taf. XXXIII. zeigt in den punktirten Linien die Veränderungen des Strombetts in der Nähe des Binger-Lochs, an deren Vervollständigung auch noch gearbeitet wird. Die Felsen-

Sprengungen sind unter Einführung des im Folgenden beschriebenen Verfahrens bedeutend weiter ausgedehnt. Das eigentliche Binger-Loch ist in angemessener Weite verbreitet, auch ist eine große Anzahl der gefährlichen Klippen bereits beseitigt. Da aber auf diese Weise der Abfluß des Wassers erleichtert wurde, so mußte, wie erwähnt, eine starke Einschränkung des Strombetts vorgenommen werden. Diese ist, wie die Figur zeigt, auf der linken Seite erfolgt, und da hier ein neues Fahrwasser eröffnet worden ist, das auf der concaven Seite liegt, so durfte dieses nicht durch Bühnenköpfe begrenzt bleiben, vielmehr war es nöthig, dieselben durch ein Parallelwerk zu verbinden, welches sich noch etwas über die Ausdehnung der Zeichnung fortsetzt, während weiter abwärts, wo die Krümmung sich mäßigt, nur Bühnen erbaut sind.

Das erwähnte zweite, linkseitige Fahrwasser, welches das Binger-Loch umgeht, wurde theils dargestellt, um den zu Berg fahrenden Schiffen einen besondern Weg anzuweisen, damit sie nicht den Durchgang der Flösse abwarten dürfen, wenn solche durch die Wahrschau auf dem Mäusethurm angekündigt worden, theils aber mußte auch für einen bequemen Zugang zum Hafen der Rheinahebahn gesorgt werden, der links vom Mäusethum im Ufer aufgehoben ist. Beide Fahrwasser sind durch einen hohen Steindamm von einander getrennt, der sich an das Riff anschließt, in welchem das Binger-Loch sich befindet. Diese Trennung war nothwendig, weil ohne sie das Wasser aus dem linkseitigen Fahrwasser in das rechtseitige oder in das Unterwasser des Binger-Lochs zurückgetreten und die Kies-Ablagerung im untern Theil des ersten Fahrwassers nicht zu vermeiden gewesen wäre.

Die neueren Felsensprengungen, die sich von der Mündung der Nahe bis St. Goar erstrecken, werden unter Leitung des Strom-Baudirectors Nobiling vom Bauinspector Hipp ausgeführt, wobei längere Zeit hindurch der Baumeister Hartmann beschäftigt wurde. Letzterer hat von dieser ganzen Stromstrecke mit den darin liegenden Felsen und Kiesbänken eine übersichtliche Charte im Maassstabe von 1 : 25000 bekannt gemacht. *)

Wenn man früher auch die höhern Felsen kannte, welche vorzugsweise die Schifffahrt gefährden, auch nach der §. 13. bezeich-

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1868. Band XVIII. S. 400.

neten Methode die höchsten Kuppen in den einzelnen Riffen ermittelt waren, so genügte dieses doch nicht für die nunmehr beabsichtigte Darstellung hinreichend breiter und gehörig gerichteter Fahrinnen, die überall dieselbe Tiefe, wie das Binger-Loch haben sollten. Es kam darauf an, die Höhenlage aller Punkte der im Fahrwasser liegenden Felsbänke zu ermitteln, soweit der beabsichtigte Wasserstand darüber nicht vorhanden war. Da aber möglicher Weise in Folge der weitem Ausbildung der Rinnen die bestehenden Gefälle sich anders vertheilen konnten, so durfte bei den Tiefenmessungen jene Grenze nicht mehr beibehalten werden, man stellte sich vielmehr die Aufgabe noch um 2 Fufs darüber hinauszugehn, also alle Tiefen bis zu 2 Fufs unter Binger-Loch zu messen. Das dabei angewendete Verfahren hat Hartmann ausführlich beschrieben. *) Es mag hier nur das Verfahren in soweit mitgetheilt werden, als es nach den dabei gesammelten Erfahrungen sich als das zweckmässigste herausstellte.

Zunächst mußten die Ufer des Rheins bei einem bestimmten niedrigen Wasserstande genau vermessen, und die nöthige Anzahl von Festpunkten auf denselben bestimmt werden, von welchen aus durch Einschneiden die Lage jeder untersuchten Stelle sich sicher ermitteln liefs. Man ging bei dieser Aufnahme von den Dreieckspunkten der Landes-Vermessung aus, und bestimmte hiernach trigonometrisch die neu gebildeten Festpunkte an beiden Ufern, die durchschnittlich an jeder Seite 100 Ruthen von einander entfernt lagen, wenn keine Veranlassung war, sie näher zusammenzurücken. War letzteres der Fall, so war ihr Abstand nur der jedesmaligen Breite des Stroms gleich. Traten aber in besonders wichtigen Stellen einzelne Klippen hinreichend weit über Wasser vor, so wurden in diese Löcher gebohrt und darin Signale aufgestellt, die mit den an den Ufern befindlichen gleichfalls trigonometrisch verbunden wurden.

Die dem Fahrwasser zu gebenden Richtungen waren keineswegs allein durch die Lage der Felsen bedingt, und da man letztere im Allgemeinen schon früher kannte, so liefsen sich mit Rücksicht auf die sonstigen Bedingungen (§. 28.) die beiderseitigen Gren-

*) Beschreibung der speciellen Aufnahme und Verpeilung des Rheinstrombettes in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1868. Band XVIII. S. 231.

zen des zu wählenden Fahrwassers schon vorher feststellen, und durch Signale auf einem oder dem andern Ufer so sicher bezeichnen, daß man bei den Tiefenmessungen diese Grenzen stets deutlich erkennen konnte.

Nunmehr kam es darauf an zu untersuchen, ob in jedem Querschnitt der Rinne die beabsichtigten Tiefe schon vorhanden war, und wo dieses nicht der Fall war, mußten die Tiefen speciell gemessen, auch ermittelt werden, ob die Untiefe aus gewachsenem Felsen oder aus Kies besteht. Wenn man aber Kies fand, so mußte noch durch Abbohren die Gewißheit darüber erlangt werden, daß nicht etwa unter demselben sich noch Felsen befanden, die über das angegebne Maass herausreichten. Diese Untersuchungen wurden zunächst durch die sehr heftige Strömung wesentlich erschwert. Im Binger-Loch fand man das absolute Gefälle auf 148 Ruthen gleich 1,6 Fuß, relativ ist es also 1 : 1130, und wenn an andern Stellen auch etwas geringer, so war es doch fast überall, wo Felsen zu messen waren, noch so bedeutend, daß man keine Apparate anwenden durfte, welche dem Strom eine ausgedehnte Angriffsfläche entgegensetzten, und selbst für grössere Fahrzeuge, die stromrecht schwammen, mußte man zuweilen den schweren Anker noch durch einen zweiten unterstützen, da der Felsboden ein sicheres Eingreifen nicht gestattete. Sodann forderte auch die frequente Schiffahrt solche Anordnung, daß jede Hemmung derselben vermieden wurde, wenn aber große Flösse herabgingen, deren Weg sich nicht sicher vorher bestimmen läßt, so mußte die Arbeit jedesmal unterbrochen und die Fahrbahn in übermässiger Breite freigestellt werden.

Um sich zu überzeugen, ob in dem bezeichneten Fahrwasser Untiefen lagen, die jenes Maass überstiegen, bediente man sich einer fliegenden Brücke, wie solche am Rhein vielfach vorkommen. Dieselbe war auch mit Buchtnachen versehen. An einer Seite des einen Fahrzeugs war ein eiserner Rahmen angebracht, dessen untere Seite in einem 25 Fuß langen, schweren Eisenstabe bestand, der nach dem jedesmaligen Wasserstande 2 Fuß unter Binger-Loch-Sohle hing. Wenn dieser Rahmen beim Ueberscheeren der Brücke den Felsboden oder eine Kiesbank auch nur wenig berührte, so gab sich dieses schon durch das Gehör zu erkennen. Bei stärkerem Gegenstossen legte der Rahmen sich aber seitwärts

um. Geschah dieses, so mußte die Stelle der Brücke gegen die Festpunkte bestimmt werden. Die Ankerkette wurde nach jedesmaligem Ueberfahren um 24 Fufs eingeholt, so daß die Untersuchung beim nächsten Schlage sich an die vorhergehende anschloß.

Zur speciellen Vermessung der in dieser Art aufgefundenen Untiefen bediente man sich zweier sogenannten Rhein-Nachen von 60 Fufs Länge und 8 Fufs Breite. Dieselben wurden stromrecht und parallel zu einander an beide Seiten des zu untersuchenden Theils der Untiefe festgelegt. Zunächst wurden von einem Nachen aus zwei Anker, einer stromauf- und der andre stromabwärts ausgebracht, sodann zwei Anker auf der Seite des Fahrzeuges, welche vom Fahrwasser abgekehrt war, einer am vordern der andre am hintern Ende. Dieses genügte aber noch nicht, und man mußte daher noch neben jedes Seitentau einen Schurbaum aussetzen. Dieses ist ein starker, am untern Ende mit Eisen beschlagener Baum, der schräge auf den Grund gestellt und durch ein umgeschlungenes Tau gegen das Schiff befestigt wird, um zu verhindern, daß Letzteres in der Richtung des Baums sich nicht weiter bewegt. Durch die vereinigte Wirkung des Ankertaus und des Schurbaums wird jede Bewegung in der Richtung derselben verhindert, und nachdem dieses erfolgt war, konnte von den Festpunkten aus die Lage und Richtung der Nachen genau bestimmt werden.

Hatte die Untiefe keine bedeutende Breiten-Ausdehnung, oder wenn die Entfernung beider Nachen nicht größer als 40 Fufs war, so ließ der zweite durch zwei übergelegte Bäume sich sicher gegen den ersten befestigen, und bedurfte außerdem nur eines stromaufwärts ausgebrachten Ankers. Bei weiterer Entfernung ersetzte man diese Bäume durch Taue, und alsdann mußte man neben den zweiten Nachen noch Schurbäume stellen. Waren die Entfernungen aber sehr groß, wie beim Wilden-Gefähr, und der ganzen Breite der beabsichtigten Fahrrinne gleich, so blieb nur übrig, den zweiten Nachen ganz unabhängig vom ersten in derselben Art wie diesen fest zu stellen.

Der Raum zwischen beiden Nachen mußte ganz frei gehalten werden, und die Tiefenmessungen darin geschah von einem kleinen Nachen aus, der wieder vor einem in der Mittellinie ausgebrachten Anker lag, und von einem der größern Nachen nach dem andern überfuhr. Er war mit Beiden durch eingetheilte Leinen

verbunden, konnte also in jedem Punkte, wo die Messung geschah, festgehalten werden. Diese Punkte bestimmten sich aber durch die Lage beider Nachen gegen die Festpunkte, und durch die des kleinen Nachens gegen die ersteren.

Die Tiefenmessungen wurden in Abständen von 3 zu 3 Fuß nach den Marken an jener Leine gemacht, und sobald der Nachen einmal den Weg zurückgelegt hatte, wurde das Tau, an welchem er vor Anker lag, um 3 Fuß verkürzt. 13 Quadratruthen Wasserfläche wurden in dieser Art in 4 Stunden vermessen. Traf man aber auf eine Kiesbank, so wurde unmittelbar von dem kleinen Nachen aus die Bohrung ausgeführt. Das dazu dienende Werkzeug war wie ein gewöhnlicher Korkzieher gestaltet, und liefs sich durch zwei Mann leicht bis zum Felsen oder bis zu der Tiefe von 2 Fuß unter Binger-Loch herabdrehn.

Die so gefundenen Resultate wurden zunächst auf den angenommenen Normal-Wasserstand reducirt, und hierzu dienten einige in der Nähe aufgestellte Interims-Pegel, die mit den Hauptpegeln von Bingen und Bacharach längere Zeit hindurch verglichen waren. Sodann trug man die einzelnen Tiefen in die nach sehr grossem Maafsstabe gezeichneten Charten des Fahrwassers ein. Aus letztern liefsen sich die Stellen, wo Sprengungen erfolgen mußten, entnehmen, und man konnte diese nach den Festpunkten leicht wieder auffinden.

Hiermit war indessen die Untersuchung des Grundes noch nicht abgeschlossen, vielmehr wurde dieselbe in der als Fahrwasser auszubildenden Rinne noch weiter fortgesetzt. Man benutzte hierzu ein rostförmiges Floss, das vor Anker gelegt und durch Schurbäume unwandelbar festgestellt wurde, nachdem es an die Stelle gebracht war, die von den Ufern aus durch ausgesteckte Signale bezeichnet war. Auf diesem Floss konnte man bequem in Abständen von 2 Fuß in der Längen- und Breiten-Richtung mittelst Peilstangen die Höhenlage gegen den dermaligen Wasserstand ermitteln, sich auch davon überzeugen, ob dazwischen andre noch höhere Kuppen sich befanden. Das einzelne Floss umfasste aber nicht die ganze zu untersuchende Strecke, es mußte daher wieder verlegt werden und zwar in der Art, daß es mit Rücksicht auf jene Signale sich genau an seine frühere Lage anschlofs. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden in grossem Maafsstabe aufgetragen,

und aus der Charte liefs sich alsdann leicht entnehmen, wo vortretende Felsen zu beseitigen waren. Nach den scharf bezeichneten Signal-Punkten liefs sich aber jede Stelle im Strombett, die in Angriff genommen werden sollte, sicher wiederfinden. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs in solcher Weise die Ausdehnung der nöthigen Sprengungs-Arbeiten sich viel sicherer erkennen liefs, als wenn nach der §. 13. erwähnten Methode nur mittelst einer horizontal aufgehängten Eisenstange die Erhebung der höchsten Felskuppen gemessen wurde.

Das Bohren geschah Anfangs aus freier Hand. Die Bohrlöcher hatten nur die Weite von 2 Zoll, und es waren dabei vier Mann beschäftigt. Die Arbeit ging indessen sehr langsam von staten, so dafs jeder laufende Zoll Bohrloch 14 Sgr. kostete und jeder Cubikfufs gesprengten Felsen 3 Thlr.

Im Jahr 1860 wurde zum Betriebe der Bohrer durch Dampf übergegangen, doch entsprachen die ersten Versuche keineswegs den Erwartungen, und man mußte vielfache Aenderungen an den Apparaten vornehmen, und zuletzt ganz neue Maschinen bauen. Im Juni 1863 wurde eine solche zuerst in Betrieb gesetzt. Bei derselben sind nur geringe Reparaturen vorgekommen. Sie hat sich vollständig bewährt und ist auch noch im Gebrauch. Eine specielle Beschreibung derselben hat der Bauinspector Hipp bekannt gemacht *), hier mag ihre Einrichtung nur kurz angedeutet werden.

Zwei Fahrzeuge von 60 Fufs Länge und 8 Fufs Breite sind durch eine feste Rüstung in der Art mit einander verbunden, dafs dazwischen ein Raum von 14 Fufs Breite frei bleibt. Diese Fahrzeuge werden so vor Anker gelegt, dafs der anzubohrende Felsen sich zwischen ihnen befindet. Da sie aber nicht fest liegen, vielmehr in der heftigen Strömung und namentlich beim Vorbeifahren von Dampfschiffen stark schwanken, so werden sie noch unmittelbar gegen den Felsboden gestützt. Zwei starke Bäume, mit eisernen Spitzen versehen, werden durch eine kräftige und sichere Führung gehalten. An ihnen befinden sich Zahnstangen, und hierin greift jedesmal ein Getriebe ein, das durch ein Vorgelege mit Curbel gedacht wird. Hierdurch können beide Fahrzeuge etwas an-

*) Bohrmaschine zur Beseitigung der Felsen unter Wasser in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. S. 117.

gehoben werden, so daß sie auf den Stützen ruhn und dadurch einen festen Stand erhalten.

Ueber den freien Raum zwischen beiden Schiffen führt eine Eisenbahn, worauf ein vierrädriger eiserner Wagen steht, der durch zwei Zangen, die um die Schienen greifen, festgestellt wird, sobald der Bohrer sich lothrecht über dem Punkt befindet, der angegriffen werden soll. Der Wagen trägt einen 5 Fuß hohen eisernen Rahmen, der mit einer schwalbenschwanzförmigen Nuthe versehen ist, in welche der Bohrapparat eingreift, der also lothrecht gehoben und gesenkt werden kann. Derselbe ist mit einer gezahnten Stange versehen, welche in ein Getriebe paßt, das am Rahmen befestigt ist und mittelst eines Zwischengetriebes durch ein Spillrad bewegt wird. Beim Drehn des letztern hebt oder senkt sich der Bohr-Apparat, und zum Feststellen desselben dienen vier Einschnitte am Umfange des Spillrades, worin Sperrhaken eingreifen. Sobald das Rad von einem Einschnitt bis zum nächsten gedreht wird, so hebt oder senkt sich der Bohrer um einen halben Zoll.

Der Theil der Maschine, der auf die erwähnte Art gehoben und gesenkt werden kann, besteht aus einem kleinen Dampf-Cylinder von 12 Zoll lichter Höhe und $6\frac{1}{2}$ Zoll lichter Weite, woneben die Schieber - Steuerung sich befindet. Die Kolbenstange ist durch eine Stopfbüchse durch den untern Boden des Cylinders geführt und trägt noch über Wasser eine 9 Zoll hohe eiserne Muffe, in deren untere Fläche der Bohrer eingeschoben wird, so daß die Achse desselben mit der des Dampf-Cylinders zusammenfällt. Der Kolben mit der Kolbenstange, der Muffe und dem Bohrer wiegen 3 bis 4 Centner. Der Schieber wird nicht durch die Maschine, sondern vom Maschinisten mittelst eines Hebels gesteuert, der, nachdem er herabgedrückt ist, durch eine Feder sich von selbst erhebt. Der Dampf tritt unter den Kolben und hebt den Bohrer, während er gleichzeitig auch in eine abgeschlossene Haube oberhalb des Cylinders tritt. Das Ventil, das diese mit letzterem verbindet, wird beim Aufgange des Kolbens von demselben aufgestoßen, so daß nunmehr der hier angesammelte Dampf über den Kolben tritt. Gleichzeitig hat sich der Schieber verstellt, wodurch der Dampf unterhalb des Kolbens entweicht. Alsdann stürzt der Kolben zugleich mit dem Bohrer, theils durch sein eignes Gewicht und theils durch den Druck des von oben zuströmenden Dampfes herab. In der

Minute erfolgen etwa 120 Schläge, dabei ist aber noch die Einrichtung getroffen, daß bei jedem Schlage die Kolbenstange und mit ihr der Bohrer um 24 Grade gedreht wird, um dem Bohrloch die cylindrische Form zu geben. Der Dampf wird mittelst einer Charnierröhre zugeleitet, da der ganze Apparat mit der zunehmenden Tiefe des Bohrlochs gesenkt werden muß.

Die Bohrer sind 3 Zoll breit. In der Minute werden 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll gebohrt. Der Maschinist, der die Steuerung ausführt, greift, so oft der Bohrer nicht mehr scharf aufschlägt, in das oben erwähnte Spillrad, und dreht es um einen Quadranten, worauf der Bohrer $\frac{1}{2}$ Zoll tiefer schlägt. In 10 bis 15 Minuten hat sich in dieser Weise der Apparat um 25 bis 30 Zoll gesenkt. Da die Niveau-Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Aufstellung aber nur 40 Zoll beträgt, so wird nunmehr der Apparat aufgehoben, und der bisher benutzte kürzere Bohrer, der inzwischen auch stumpf geschlagen ist, durch einen um 2 Fuß längern ersetzt. Die Auswechselung nimmt wieder 10 bis 15 Minuten in Anspruch, und diese Zwischenzeit genügt, daß der Maschinist neue Kräfte sammeln, und die Arbeit demnächst in gleicher Weise wieder fortsetzen kann. An einem Tage werden 8 bis 10 dreizöllige Bohrlöcher von 50 bis 70 Zoll Tiefe gebohrt. Der laufende Zoll kostet mit Rücksicht auf den Betrieb und die Unterhaltung der Maschine mit Einschluss aller Neben-Ausgaben nur 3 Silbergroschen.

Die Schüsse von 2 bis 5 Pfund Pulver werden in Blechbüchsen eingebracht. Die Zündschnüre aus der Fabrik von Guilleme und Velten in Cöln zündeten sehr sicher in jeder Tiefe die gebohrt wurde, doch wurde jedesmal vor dem Anbrennen derselben der Apparat abgefahren, und von einem kleinen Nachen aus zündete man gleichzeitig mehrere Schnüre an, worauf man den Nachen herabtreiben ließ.

Die Bohrlöcher reichten im Allgemeinen etwa 2 Fuß unter die freizulegende Sohle herab, und ihre Entfernung von einander betrug 3 bis 4 Fuß, oder man rechnete durchschnittlich auf 12 Quadratfuß Oberfläche einen Schuß. Dabei wurde jedesmal eine Masse von 25 bis 50 Cubikfuß Gestein gelöst, und wenn diese mittelst des Taucherschachtes, von dem im Folgenden die Rede sein wird, aufgewuchtet, gehoben und fortgebracht war, so kostete der Cubikfuß mit Inbegriff des Bohrens und Sprengens nach der erwähnten

Mittheilung nicht mehr als 15 Silbergroschen. Bei größerer Uebung stellte sich aber der Preis später noch viel geringer heraus. Derselbe betrug mit allen Nebenkosten

im Jahr 1867	18	Sgr.	2	Pf.	26 869	Cubikfuß,
1868	10	-	—	-	62 209	"
1869	8	-	3	-	63 847	"
1870	7	-	—	-	83 225	"

Die letzten Zahlen bezeichnen die in jedem Jahr gesprengten und ausgehobenen Steinmassen, doch muß bemerkt werden, daß in diese Berechnung auch diejenigen Kosten mit aufgenommen sind, welche zwei oder eine Handbohrmaschine verursachten, woher das Resultat noch günstiger ausgefallen wäre, wenn man allein die Sprengungen mit der Dampfbohrmaschine berücksichtigt hätte. Bei Benutzung derselben kostete im Jahre 1871 der laufende Zoll des Bohrlochs nur 2 Sgr. 7 Pf.

Es mögen noch die Sprengungs-Arbeiten im Severn erwähnt werden, die wegen der eigenthümlichen, dabei zur Anwendung gekommenen Methoden wichtig sind.

Im Jahr 1842 wurde beschlossen, den Severn in der 9 deutsche Meilen langen Strecke zwischen Stourport und Gloucester schiffbar zu machen. Die Tiefe betrug hier während der Sommermonate stellenweise nur 2 Fuß, und man wollte bei allen Wasserständen die Tiefe von 6 Fuß darstellen. Oberhalb Worcester sollte dieses durch Anstauung des Wassers und durch Schleusen-Anlagen, zum Theil auch durch Einschränkung des Stroms mittelst Parallelwerken erreicht werden, in der mehr als 6 Meilen langen Strecke von Worcester bis Gloucester waren indessen, wenn man den Strom auch einschränkte, noch ausgedehnte Vertiefungen um 3 bis 5 Fuß nothwendig. Soweit die Bänke aus Kies oder Granit-, Porphyr- und Sandstein-Geschieben bestanden, ließen sie sich durch Baggern beseitigen. Andre Bänke bestanden aber aus zusammenhängendem Mergelboden, zur Formation des rothen Sandsteins gehörig. Dieses war überall der Fall, wo das Flußbett auf der einen oder der andern Seite des Thals an den höhern Uferrand trat. Gemeinhin lag der Mergel in Schichten, die selten über 15 Zoll hoch waren, und oft durch grauen Mergel, auch wohl durch sehr harten Lias getrennt wurden. Er war an vielen Stellen so hart, daß man aus freier Hand von einem Boote aus darin kein Bohrloch darstellen

konnte. Nichts desto weniger zerfiel er an der Luft in feine Brocken.

Als man die Bagger-Maschine auf diesen Mergel-Bänken versuchte, so zeigte sich, daß es unmöglich sei, mehr als $4\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Schachtruthen täglich zu heben, und dabei war die Maschine in beständiger Gefahr, und wurde auch vielfach beschädigt. Dieser Fortgang der Arbeit war unvereinbar mit der nothwendigen Beschleunigung, wenn das Unternehmen zur festgesetzten Zeit beendigt werden sollte. Eben so erfolglos ergaben sich die Versuche, den Felsboden durch eingerammte eiserne Pfähle, oder mit Benutzung eines starken Pfluges zu zerklüften, doch gelang dieses sehr befriedigend, wenn Sprengungen mit Schießpulver vorgenommen wurden. Man entschloß sich also zu diesem letzten Verfahren, worauf die gelösten Stücke durch Baggern entfernt werden sollten. Im Januar 1845 waren die hierzu erforderlichen Einrichtungen getroffen, und es gelang in der That täglich 18 bis 27 Schachtruthen gelösten Mergel auszuheben.

Die Wirkung des Sprengens wäre am größten gewesen, wenn man an der stromabwärts gekehrten Seite jeder Bank eine Reihe von Schüssen angezündet und alsdann sogleich die abgebrochenen Steine beseitigt hätte. Dieses liefs sich aber nicht thun, weil in diesem Fall die Bagger-Maschine und die Spreng-Apparate wegen des vielfachen Verlegens nicht in ununterbrochener Thätigkeit zu erhalten gewesen wären. Außerdem durfte auch die bestehende kleine Schifffahrt auf dem Severn nicht gehindert werden. Man mußte sonach ein solches Verfahren wählen, welches die möglichste Beschleunigung der Arbeit erlaubte, und dieses bestand darin, daß die Schüsse reihenweise nach der Länge des zu vertiefenden Canals, und zwar durch die ganze Ausdehnung jeder Felsbank in Abständen von 6 Fuß angebracht wurden.

Die Rüstung bestand in sechs Flößen, deren jedes aus vier Balken von 40 Fuß Länge zusammengesetzt war, wie Figur 233. auf Taf. XXVIII. zeigt. An jeder Seite eines Flosses lagen zwei Balken dicht neben einander, und die beiden innern liefsen zwischen sich einen Raum von 4 Fuß Breite frei. In Abständen von 6 Fuß waren Querschwellen übergengenagelt und auf diesen lag der Rüstboden, der aus dreizölligen Bohlen bestand. Der mittlere Theil des Flosses blieb auf 12 Zoll Breite offen, so daß sich hier ein hinrei-

chend weiter Spalt bildete, worin die Arbeit bequem vorgenommen werden konnte.

Die Flösse waren an beiden Seiten mit starken Ringbolzen versehen, wodurch die an das eine Ufer befestigten Fangleinen gezogen waren, während in gewissen Abständen Bäume die Flösse in der passenden Entfernung vom Ufer hielten. An dem stromaufwärts gekehrten Ende des obersten Flosses lag ein großes Boot vor Anker, worin sich eine Feldschmiede zur Instandsetzung der Werkzeuge befand. Ein starker Schwimmbaum war weiter aufwärts am Ufer befestigt und lehnte sich schräg gegen dieses Boot, um die Flösse vor den stromabwärts kommenden Fahrzeugen zu schützen. Unterhalb des letzten Flosses lag ein andres Boot, welches als Pulvermagazin eingerichtet war.

Die Arbeit wurde mit dem Einstellen und Befestigen der gezogenen Röhren, in welchen gebohrt werden sollte, begonnen. Sie hielten gewöhnlich $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, und nur wenn man mehr als 3 Pfund Pulver für den einzelnen Schuß gebrauchte, benutzte man vierzöllige Röhren. Ihre Länge betrug 9 Fuß und ihre Wandstärke $2\frac{1}{4}$ Linien. Zwei Halsbänder von $\frac{1}{2}$ Quadratzoll Querschnitt waren auf die obern Enden geschoben, und hieran befestigte man eine Leine, wodurch sie bei der Explosion gehalten wurden. War die Wassertiefe aber größer, so konnte man die Röhre auch verlängern, indem ein Ansatzstück mit einer 6 Zoll langen Muffe darüber geschoben wurde.

Sobald eine Bohrröhre aufgestellt war, trieb man sie durch den Kies, der auf dem Mergel lag, einige Zoll tief in den letzten hinein. Gemeinhin war der Kies so hoch abgelagert, daß man ihn zuerst durch Baggern entfernen mußte. Um aber den dünnen Rand der Röhre vor Beschädigungen zu sichern, setzte man eine gußeiserne Hülse auf, und liefs auf diese die Handramme wirken. Demnächst wurde die Röhre von dem Sande und Kiese gereinigt, der beim Eintreiben hineingedrungen war. Zu diesem Zweck diente vorzugsweise der gewöhnliche Löffel, der im ersten Theile dieses Handbuches §. 11. beschrieben ist. Er bestand aus einer cylindrischen Röhre von 2 Fuß Länge, und solchem Durchmesser, daß er nur eben in die Blechröhre hineinpaßte. Unten war er mit einem nach oben aufschlagenden Ventil versehen, und oben an eine Eisenstange von einem halben Zoll Durchmesser geniethet.

Bei jedem Bohrer waren drei Mann beschäftigt. Die Bohrer hatten einfache Stahlschneiden von etwas convexer Form, und waren $1\frac{1}{2}$ Zoll breit, der Stiel, der gemeinhin 15 Fuß lang war, hielt $1\frac{1}{8}$ Zoll im Durchmesser. Das Gewicht eines solchen Bohrers betrug 52 Pfund. Man arbeitete damit so lange, bis die fernere Bewegung durch den Bohrschlamm auffallend erschwert wurde. Alsdann setzte man einen gewöhnlichen Erdbohrer von 20 Zoll Länge in das Bohrloch, und zog damit die feine Steinmasse heraus.

Die Bohrlöcher reichten zwei Fuß unter die beabsichtigte Sohle des Fahrwassers herab. Diese größere Tiefe war deshalb gewählt, weil jeder Schuß das Gestein in einem conischem Raume, und zwar, wie man meinte, von parabolöider Form zerbricht und etwas hebt, und sonach zwischen vier Bohrlöchern eine Pyramide übrig bleibt, auf welche das Pulver keine, oder doch nur eine geringe Wirkung ausübt. Diese Pyramiden ragten mit ihren Scheiteln noch etwas über die darzustellende Sohle vor, ließen sich aber leicht durch die Baggermaschine beseitigen. Ein zweiter Grund für diese größere Tiefe war, daß man besorgte, der niedrige Sommer-Wasserstand möchte sich, nachdem die Untiefen entfernt wären, noch tiefer senken, und man wünschte, daß der Mergel alsdann schon hinreichend gebrochen wäre, um ihn erforderlichen Falls mit der Baggermaschine noch tiefer ausheben zu können.

Die Patronen bestanden aus cylindrischen Säcken von Segeltuch, und waren unten etwas zugespitzt. Sie wurden nach Maafsgabe der Höhe des Mergels mit 2 bis 4 Pfund Pulver gefüllt, nämlich wenn die Bank 4 Fuß tief weggesprengt werden sollte, waren 2 Pfund und bei 5 Fuß 4 Pfund Pulver erforderlich. In die Mitte des Pulvers wurde alsdann das Ende eines Ringes von Bickford's Patent-Zündfaden gesteckt, der Rand des Sackes sorgfältig darüber gezogen und festgebunden. War die Patrone nur klein, so tauchte man sie in geschmolzenen Pech, der zum vierten Theil mit Talg versetzt war, sonst aber goß man dieselbe Mischung mit Löffeln darüber, bis sie den ganzen Sack gleichmäfsig überdeckte. War dieses geschehn, so hing man die Patrone zum Erkalten und Erhärten auf. Darauf wurde sie mit Talg eingerieben, und zuletzt mit feiner Kreide bestreut. Der Talg diente theils zum sichern Ausfüllen der feinen Risse im Pech, theils aber erleichterte er auch

das Eindringen der Patrone in das Bohrloch, die Kreide dagegen verhinderte das Ankleben des Pechs.

Die Patronen wurden mit hölzernen Ladestöcken von passender Dicke und unten abgerundet, vorsichtig in die Bohrlöcher geschoben. Dieselben Ladestöcke dienten auch zum Feststampfen des Besatzes. Das Material, welches sich am besten hierzu eignete, waren die kleinen Stückchen des harten Mergels, die sich durch die Einwirkung der Luft von den höhern Ufern zur Seite der Bänke gelöst hatten. Man schüttete sie in kleinen Quantitäten in die Bohrlöcher und stampfte sie an, bis die Bohrlöcher gefüllt waren.

Alsdann wurden die hölzernen Klammern gelöst, womit die Bohrröhren, die man nunmehr bis über den Mergel auszog, am Floss befestigt waren. Gemeinhin gab sich die Explosion durch keine auffallende Bewegung zu erkennen, nur die Röhren wurden einige Zoll hoch gehoben, doch sprangen sie zuweilen auch mehrere Fuss in die Höhe, und in einzelnen Fällen spritzte das in denselben befindliche Wasser 40 bis 50 Fuss hoch auf.

Alle Mannschaften fingen immer gleichzeitig das Bohren an und wurden auch gemeinhin gleichzeitig damit fertig, so daß alle Schüsse auf einmal angezündet werden konnten. Auf diese Art wurden Unterbrechungen der Arbeit möglichst vermieden. Sehr selten geschah es, daß Schüsse versagten. Die Veranlassung dazu lag alsdann gemeinhin darin, daß die Verbindung zwischen der Patrone und dem Zündfaden undicht geworden war. War das Wasser nicht tief eingedrungen, so konnte man häufig durch das folgende eigenthümliche Mittel den Schuß noch entzünden. Man hielt nämlich eine Eisenstange von $\frac{5}{8}$ Zoll Stärke und angemessener Länge, die an einem Ende etwas zugespitzt war, in Bereitschaft und sobald ein Schuß versagte, während der Zündfaden verbrannt war, so wurde diese Stange am Ende rothglühend gemacht, schnell durch das Wasser auf den Besatz gestossen und mit einem starken Schlag hindurchgetrieben. Beim Eindringen in das Pulver war sie noch so heiß, daß sie dieses entzündete. Unter zehn Fällen gelang es wohl neunmal, auf diese Weise noch den Schuß zur Explosion zu bringen.

Da die eigentliche Wirkung des Schießens sich nicht unmittelbar zu erkennen gab, so wurde der Grund neben dem Bohr-

loche mit einem meisselförmig zugeschärften und gut verstärkten Visitir-Eisen untersucht, und besonders geprüft, ob die Wirkung bis zu der erforderlichen Tiefe eingetreten ist.

Damit die Arbeiter sich nicht gegenseitig behinderten, wurde zuerst ein Loch um das andre gebohrt und alsdann wurden die zwischenliegenden nachgeholt. Sobald aber alle Schüsse einer Reihe geglückt waren, so schob man die sämmtlichen Flösse 6 Fuss weiter in den Strom hinein, stellte hier wieder die Reihe von Bohrlöchern dar, und so fort, bis zum gegenüberliegenden Rande des Fahrwassers. Alsdann liess man die ganze Rüstung um die Länge der Flösse stromab treiben und begann hier aufs Neue die Arbeit. Sobald die Leute eingeübt waren, bohrte jede Mannschaft bis vier Löcher an einem Tage und man konnte mit funfzehn Mannschaften täglich bis sechzig Schüsse abfeuern.

Der Ingenieur George Edwards, der diese Arbeiten ausführte und in dem Institute of civil engineers darüber Vortrag hielt,*) besorgt, man werde vielleicht die Anwendung der Patent-Zündfäden tadeln und meinen, dass die gleichzeitige Entzündung einer grossen Anzahl Schüsse mittelst der galvanischen Batterie einen grössern Effect, und sonach mindere Kosten verursacht haben würde. Er sagt, dass er nicht dieser Ansicht sei. Wenn man in einem Steinbruche einen grossen Block, ohne ihn zu zerbrechen, vom Lager lösen wolle, so sei die gleichzeitige Explosion vieler Schüsse überaus wirksam, im vorliegenden Falle sei es aber im Gegentheil Bedingung gewesen, die Masse in recht viele Stücke zu zerbrechen, und dies werde, wie er glaube, vollständiger durch aufeinanderfolgende Explosionen, als durch gleichzeitige erreicht. Er fügt hinzu, dass auch in Bezug auf die Kosten der Patent-Zündfaden vor der galvanischen Batterie den Vorzug verdiene.

Ueber 4000 Schüsse waren bereits erfolgt und in den nächsten Monaten sollten noch 6000 folgen.

Die Kosten des einzelnen Schusses betrugen:

*) Civil engineer and architects journal 1846. Vol. IX. pag. 369,

Einrichtung und Unterhaltung des Apparates	10 Sgr.	— Pf.
Arbeitslohn durchschnittlich	32 „	1 „
Die leinene Patrone	2 „	6 „
3 Pfund Pulver zu 5½ Pence	12 „	5 „
15 Fuss Zündfaden	7 „	6 „
Pech, Talg, Schnur, Kohlen u. dgl.	3 „	6 „

also im Ganzen 2 Thlr. 8 Sgr. — Pf.

Durchschnittlich wurden dabei 4 Cubik-Yard oder 99 Cubikfuss Rheinländisch gelöst, woher jeder Cubikfuss nahe 8 Pfennige kostete.

Bickford's Patent-Zündfaden besteht in einem sehr feinen cylindrisch gewebten und mit Pech überzogenen Schlauch aus Hanf. Derselbe ist so dünn, daß das darin enthaltene Pulver nur einen feinen Faden bildet, und sonach nicht sowohl explodirt, als vielmehr nur nach und nach abbrennt. Pasley erwähnt, daß beim Sprengen in der Tiefe von 8 Faden (48 Fuss) unter Wasser nahe eine halbe Stunde vergeht, bevor der Schuss entzündet wird. Wenn dieser Umstand auch insofern sehr günstig erscheint, als der Arbeiter, der den Zündfaden anbrennt, sich mit voller Sicherheit jedesmal hinreichend weit entfernen kann, bevor die Explosion eintritt, so kann andererseits eben wegen dieses langen Aufenthaltes, namentlich bei lebhaftem Schiffsverkehr, hierdurch Gefahr herbeigeführt werden. Dazu kommt noch, daß man das Aufsteigen der Luftbläschen nur Anfangs deutlich wahrnimmt, dieses aber beinahe ganz aufhört, wenigstens aus der Ferne nicht mehr gesehen werden kann, sobald der Faden schon weit abgebrannt ist. Wenn sonach das Feuer zufällig erlöscht, so bemerkt man dieses nicht, und man muß wegen der Möglichkeit einer spätern Explosion noch lange Zeit hindurch jede Annäherung vermeiden. Beim Feststampfen des Besatzes in dem Bohrloche wird die Beschädigung des Zündfadens dadurch verhindert, daß er eine compacte Masse von hinreichender Widerstandsfähigkeit bildet, zugleich aber auch so weich ist, daß die scharfen Kanten der Steinstücke wohl Eindrücke darin hervorbringen, jedoch ihn weder zerreißen noch seine Oberfläche durchlöchern können.*)

*) Civil engineer and architects journal. Vol. I. Seite 258.

Bei den am Rhein benutzten Zündfäden aus der Fabrik von Guillome u. Velten in Cöln hält die innere Höhlung, worin der Zündstoff sich befindet, 1 Linie im Durchmesser. Die sie umgebende Wand besteht aus zehn starken Hanffäden, die, ohne sich zu berühren, spiralförmig gelegt und durch eine pechartige Masse verbunden sind. Eine Guttapercha-Decke von $\frac{1}{2}$ Linie Dicke umgiebt das Ganze. Der Faden ist $2\frac{3}{4}$ Linien stark. Wird derselbe angezündet, so dringt der Feuerstrahl Anfangs durch die Endfläche und später durch Oeffnungen, die sich seitwärts bilden, mit solcher Gewalt heraus, daß er den Zutritt des Wassers verhindert.

Im Allgemeinen ist über die Wirkung der Explosionen beim Felsensprengen noch zu erwähnen, daß gemeinhin durch einen einzelnen Schuß aus derbem Gestein ein kegelförmiges Stück ausgebrochen und zugleich vielfach zerrissen wird. Die Höhe dieses Kegels ist dem Abstände des Schusses von der Oberfläche gleich und seine Basis hat ungefähr jene Höhe zum Radius. Es kann indessen geschehn, daß der Schuß einer Seitenfläche des Felsens näher liegt, als der obern Fläche. Alsdann erfolgt die Explosion mehr nach dieser Seite, denn die Wirkung äußert sich jedesmal in derjenigen Richtung, wo der Abstand des Schusses von der äußern Fläche am kleinsten ist. Die erforderliche Pulvermenge ist ohne Zweifel von diesem Abstände abhängig, es fragt sich aber, ob sie der zweiten oder dritten Potenz desselben proportional sei. Käme nur die Trennung des kegelförmigen Körpers von der übrigen Masse in Betracht, so würde die nöthige Kraft der zweiten Potenz entsprechen, dagegen läßt die vollständige Zerkümmerung des gelösten Kegels und dessen Hebung oder Bewegung auf eine Kraft schließen, die der dritten Potenz dieses Abstandes proportional ist. Die Beobachtungen, die Bald in einem Steinbruch in Irland anstellte, *) ergaben in der That, daß die Pulvermenge der dritten Potenz der Entfernung des Schusses von der nächsten Oberfläche des Steins proportional angenommen werden muß, wenn man des Erfolges gewiß sein und dennoch mit der geringsten Pulvermenge die Sprengung ausführen will. Es erklärt sich hieraus eine Thatsache, die man mehrmals bestätigt gefunden hat, daß nämlich bei tiefern oder minder tiefen Bohrlöchern der

*) Civil engineer and architects journal. Vol. III. Seite 165.

ganze Bedarf an Pulver derselbe bleibt, und der gelösten Steinmasse proportional ist. Zum Sprengen einer gewissen Masse ist daher dieselbe Quantität Pulver erforderlich, mag man die Schüsse sogleich bis zur vollen Tiefe einsetzen oder zuerst die obre und dann die untre Hälfte des zu lösenden Gesteins absprengen. Für jeden einzelnen Schuss braucht man aber im ersten Falle achtmal so viel Pulver als im letzten.

Hiernach entsteht die Frage, ob es in sonstiger Beziehung vortheilhafter ist, bei dem Sprengen einer hohen Felsbank nach und nach dünne Lagen zu lösen, oder dieselbe auf einmal in der ganzen erforderlichen Tiefe anzugreifen. Im ersten Fall muß man mehr Bohrlöcher darstellen, im zweiten müssen sie einen grössern Durchmesser erhalten. Das Letzte dürfte namentlich bei Arbeiten unter Wasser leichter sein, da alle Vorbereitungen zum Bohren, so wie das Einbringen des Schusses und Besatzes für weitere und engere Bohrlöcher gleich mühsam sind, und mit gleicher Sorgfalt ausgeführt werden müssen. Dazu kommt aber noch, daß die Höhe jenes abbrechenden Kegels keineswegs der Tiefe des Bohrlochs, sondern nur dem Abstände der oberen Basis der Pulverbüchse von der Oberfläche der Felsbank gleich ist. Jedes einzelne Bohrloch muß sonach, mag es mehr oder minder tief ausgeführt werden, außer jenem Verhältniss noch um die Höhe der Pulverbüchse verlängert werden. Hieraus ergibt sich, daß man Sprengungs-Arbeiten unter Wasser am leichtesten und wohlfeilsten ausführt, wenn man die Felsbank mit einem Mal in der ganzen erforderlichen Tiefe angreift.

Nach den wenigen bekannt gewordenen Erfahrungen über die erforderlichen Pulvermengen wird man, wenn Arbeiten dieser Art vorgenommen werden sollen, nicht erwarten dürfen, für jede Art des zu sprengenden Gesteins sogleich das richtige Maafs zu treffen, und man muß daher beim Beginn ausgedehnter Sprengungen den Bedarf an Pulver durch besondere Versuche feststellen. Dabei ist nicht unbeachtet zu lassen, daß auffallende Neben-Effecte, wie besonders starkes Aufspritzen des Wassers, weites Umherschleudern der gelösten Steinmassen u. dergl. den Beweis liefern, daß die Pulvermenge für die Tiefe des Bohrlochs zu groß gewählt ist.

Der Besatz wird bei den meisten Sprengungs-Arbeiten, sowohl über als unter Wasser aus Thon gebildet, der gemeinhin mit

Kies oder Ziegelstückchen versetzt ist, oder er besteht auch wohl aus feinen und scharfen Stücken eines weichen Gesteins. Man stampft diese Körper mit einem Ladestock in das Bohrloch ein, damit sie nicht sogleich herausfliegen, sondern durch die Reibung hinreichend festgehalten werden. Dieses Feststampfen ist aber theils mühsam und theils gefährlich, namentlich kann der Zündfaden, wenn er schon früher eingesetzt ist, leicht beschädigt werden. Man hat vielfach versucht, einen solchen festen Besatz durch eine Schüttung von trockenem Sande zu ersetzen, und es leidet keinen Zweifel, daß dieselbe bei Arbeiten über Wasser brauchbar ist, wenn allerdings auch grössere Pulvermengen hierbei erforderlich werden. Bei der Schiffbarmachung des Jumna, eines Nebenflusses des Ganges, wurde Behufs der Beschleunigung der Arbeit die Sandschüttung auch bei Sprengungen unter Wasser angewendet. Es kam nämlich nur darauf an, die kurze Dauer des niedrigen Wasserstandes möglichst vortheilhaft zu benutzen, und alle Arbeiten zu vermeiden, die besondere Geschicklichkeit oder Uebung und Vorsicht erfordern. Arbeiter zum Bohren waren reichlich vorhanden, woher die etwas grössere Weite und Tiefe jedes Bohrlochs nicht in Betracht kam, auch der Mehrbedarf an Pulver durfte nicht beachtet werden. Unter diesen Umständen entschloß man sich zur Wahl des Sandbesatzes, und zwar enthielt die Patrone selbst, die zum dritten Theil mit Pulver angefüllt war, schon den feinen trocknen Sand. Sie war $2\frac{1}{2}$ Fufs lang, 2 Zoll dick und dadurch wasserdicht gemacht, daß man sie reichlich mit Fett eingerieben hatte. Diese Vorsicht genügte auch, da jedesmal unmittelbar nach dem Einsetzen der Patrone der Zündfaden angebrannt wurde und sonach keine starke Benetzung eintreten konnte. Es dürfte indessen zweifelhaft erscheinen, ob der Sandbesatz wirklich den nöthigen Widerstand leistete, und diese Besorgniß bestätigte sich dadurch, daß man auch in Delhi in demselben Gestein bedeutende Sprengungen vorgenommen hatte, die jedoch im Trocknen ausgeführt wurden, und wobei man den gewöhnlichen Lehmbesatz anwendete. Eine Vergleichung beider Arbeiten ergab, daß der Besatz aus Sand durchschnittlich dreimal so viel Pulver erforderte, als der letzte.*)

*) Civil engineer and architects journal. Vol. I. Seite 292.

Schließlich erwähne ich noch, daß das Volum des Gases, welches sich beim Entzünden des Pulvers entwickelt, nachdem es abgekühlt ist, 244mal, und in der ursprünglichen Temperatur sogar 1000mal so groß ist, als das des Pulvers. Wenn man also annehmen dürfte, daß der Pfropf oder der Besatz während der ganzen Dauer der Explosion nicht nachgäbe (was indessen wohl niemals geschieht), so würden die Seitenwände des Pulverraums einen Druck von tausend Atmosphären erleiden.

Die Entzündung der Schüsse unter Wasser geschah früher in England gewöhnlich in der Weise, daß man auf die Blechbüchse, die den Schuß enthielt, eine Zündröhre löthete, die bis über Wasser reichte, aber weder mit losem Pulver gefüllt war, noch auch einen Zündfaden enthielt, sondern leer blieb. Durch diese Röhre liefs man ein Stückchen glühendes Eisen auf das Pulver herabfallen, wodurch sogleich die Explosion bewirkt wurde. Diese Methode war besonders bei Anwendung der Taucherglocke sehr bequem. Das Bohren in dem Felsen, sowie das Einsetzen des Schusses und das Aufbringen des Besatzes erfolgte alsdann in gleicher Weise und fast ebenso leicht, als an freier Luft. Die Zündröhre, aus Weißblech bestehend, ragte aus dem Bohrloche heraus und ihre Mündung stand frei in der Taucherglocke. Während die Taucherglocke gehoben wurde, schrob man ein Ansatzstück an die Röhre, und dieses wiederholte sich so oft, bis endlich die Röhre über die Oberfläche des Wassers trat. Nachdem die Glocke beseitigt war, fuhr man mit einem Boote an die Mündung der Röhre, befestigte eine schwache Leine daran, um sie bei andern Schüssen wieder benutzen zu können, und warf das glühende Eisenstückchen hinein. Die Explosion war über dem Wasser, wenn dessen Tiefe 12 Fuß oder mehr betrug, kaum zu bemerken. Die Röhre brach aber jedesmal dicht über dem Bohrloch ab, und wurde etwas gehoben, ohne jedoch im übrigen Theile ihrer Länge beschädigt zu werden. Man konnte daher alle Ansatzstücke und selbst das untere Schraubengewinde bei fernern Sprengungs-Arbeiten wieder benutzen.

In neuerer Zeit hat man auch bei Felsen-Sprengungen unter Wasser die Schüsse mehrfach durch galvanische Batterien entzündet. Der electriche Strom wird nämlich durch die Pulvermasse in der Patrone hindurchgeführt, hier aber ersetzt ein feiner Platin- oder Stahldraht den umsponnenen Kupferdraht. Indem er beim Durch-

gange des Stroms erglüht, so entzündet er das ihn berührende Pulver. Die nähere Beschreibung der dabei zu treffenden Anordnungen würde zu weit führen,*) hier mag aber nur die Frage erörtert werden, ob diese Methode oder die Benutzung von Zündfäden vorzuziehen sei.

Jedenfalls wird durch den galvanischen Strom Gelegenheit geboten, mehrere und sogar eine ganze Reihe von Schüssen gleichzeitig zur Explosion zu bringen und dadurch Effecte zu erzielen, die ohne Zweifel in gewisser Beziehung größer sind, als wenn die Schüsse einzeln abgebrannt würden. Man darf zu diesem Zweck nur die Drähte, welche in die einzelnen Patronen geführt sind, mit einander verbinden, so daß der electrische Strom sie sämmtlich durchläuft. Ob indessen hierdurch eine vollständige Zerklüftung des Gesteins erreicht wird, worauf es im vorliegenden Fall allein ankommt, ist, soviel bekannt, bisher durch die Erfahrung noch nicht erwiesen, und die oben mitgetheilte Ansicht des Ingenieur Edwards, daß bei der gleichzeitigen Explosion sich größere Blöcke lösen, erscheint nicht unbegründet. Dagegen kann bei Anwendung galvanischer Batterien die Leitung so weit geführt werden, daß die Explosion aus sehr großer Entfernung veranlaßt werden kann, was jedoch nicht von erheblichem Nutzen ist.

In manchen Fällen und namentlich, wo starker Fluthwechsel stattfindet und periodisch heftige Strömungen eintreten, läßt sich das Bohren der Löcher zur Aufnahme der Schüsse nicht ausführen, und alsdann bleibt nur übrig, die Pulver-Gefäße flach auf den zu beseitigenden Stein zu legen und sie hier explodiren zu lassen. Die Wirkung ist dabei wesentlich geringer, als wenn die ganze Kraft rings umher gegen den Stein gerichtet wäre, aber dennoch zeigt sie sich noch recht bedeutend, wenn ein hoher Wasserstand das Pulver überdeckt, woher auch Versuche dieser Art sich erfolgreich erwiesen haben.

Bei Hell-Gate, in der Stromenge, welche den östlichen Ausfluss des Hudson mit dem Sunde von Long-Island ohnfern New-York verbindet, lag ein Fels, der Pot-Rock genannt, der sehr steil aus

*) In zwei Aufsätzen im ersten Bande des Notizblattes des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Vereins 1851—1852 Seite 38 und 163 ist dieser Gegenstand ausführlich behandelt.

dem Grunde aufstieg, und nach Ablauf der Ebbe nur 8 Fufs Wasser über sich hatte. Seine Oberfläche beschränkte sich auf 6 Quadratfufs, während ringsumher die Tiefe 14 Fufs und in geringer Entfernung sogar 20 Fufs betrug. Der Felsen bestand aus festem Gneifs. Derselbe wurde in der angegebenen Art vollständig beseitigt und dabei etwa 30000 Cubikfufs Steine gesprengt. Flache Gefäße von Weifsblech, die 125 Pfund Pulver enthielten, versenkte man bei niedrigem Wasser auf den Felsen, und wenn durch den electrischen Strom ihre Explosion erfolgte, so brachen durchschnittlich jedesmal 180 Cubikfufs Steine ab.*)

In gleicher Weise wurde 1859 und in den folgenden Jahren auch die Mergelbank beseitigt, die bisher den Eingang zum Hafen Fécamp beinahe vollständig gesperrt hatte, und sich bis auf 6 Fufs unter Niedrig-Wasser erhob. Der Versuch, sie anzubohren und Patronen in die Bohrlöcher zu stellen, mußte aufgegeben werden, da die Zeit des Niedrig-Wassers zu kurz war und bei höherem Wasser die Schifffahrt nicht behindert werden durfte. Man wählte also wieder das angegebene Verfahren und fand, daß der Effect sich am vortheilhaftesten herausstellte, wenn man 100 Pfund Pulver explodiren ließ. Der Behälter, worin diese sich befanden, wurde bei niedrigem Wasser auf die Bank, und zwar ohnfern des seewärts gekehrten Randes derselben versenkt, und die Leitungs-Drähte nach dem nächsten Ufer geführt. Nunmehr wartete man aber den Eintritt des Hochwassers ab, weil die Wirkung immer um so stärker war, je höher das Wasser darüber stand, dennoch flogen die gelösten Stücke bis 100 Fufs weit umher. Durchschnittlich löste jedes Pfund Pulver 5 Cubikfufs Gestein. Dabei muß bemerkt werden, daß dieser Mergel, wenn er auch an der Luft zerfällt, doch unter Wasser eine zusammenhängende recht harte Steinmasse bildet. Die kleinen gelösten Stücke wurden vom Strom fortgeführt, die größern hob man mit Steinzangen, auch wohl mit Ketten, welche von Tauchern darum geschlungen wurden.**)

Die früher (§ 51) angegebenen Methoden zum Beseitigen gesunkener Schiffe erweisen sich zuweilen als erfolglos, namentlich, wenn die Schiffe sehr groß, wenn sie in tiefem Wasser ge-

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1854, Notizblatt Seite 122.

**) Annales des ponts et chaussées 1862 I. pag. 8.

sunken und stark versandet sind. Es bleibt alsdann nur übrig, die über den Grund vortretenden Theile durch Sprengen zu lösen. Das großartigste Beispiel einer solchen Räumung des Ankergrundes bietet die Sprengung des Linienschiffes Royal George von 90 Kanonen, das 1782 auf der Rheede von Portsmouth oder auf Spithead gesunken war. Nachdem die Masten abgebrochen waren, lag es freilich so tief, daß selbst die größten Schiffe es nie berühren konnten, aber es faßte dennoch die Ketten der in Nähe ausgebrachten Anker, und in dieser Beziehung war das Wrack höchst gefährlich. Der Versuch, es durch ein andres Schiff zu heben, mißglückte vollständig. Durch Taucher waren an das Wrack schwere Ketten angeschlagen, die bei Niedrig-Wasser an dem schwimmenden Schiff sicher befestigt wurden. Der Widerstand war aber so groß, daß das letztere diesen nicht überwinden konnte. Es tauchte daher bei steigender Fluth immer tiefer ein und versank gleichfalls, nachdem es Wasser geschöpft hatte.

Bei der großen Wichtigkeit dieser Rheede vor dem Haupt-Kriegshafen Englands wurden 1834 die Versuche zur Fortschaffung der beiden Wracke wieder begonnen, und zwar einige Jahre hindurch mit Benutzung der inzwischen sehr verbesserten Taucher-Apparate. Die Arbeiten bezogen sich darauf, daß einzelne Theile unter Wasser gelöst und alsdann gehoben werden sollten, die Erfolge blieben indessen so geringfügig, daß man 1839 ein andres Verfahren, nämlich Sprengung durch Pulver wählte. Die Leitung dieser Arbeiten wurde dem Oberst Pasley übertragen, der auf solche Art bereits einige vor der Mündung der Themse gesunkene Fahrzeuge vollständig beseitigt hatte.

Die Wracke lagen 84 Fuß unter Niedrig-Wasser. Die ersten Sprengungen mit 45 und darauf mit 180 Pfund Pulver hatten wenig Erfolg. Hierauf wurde ein Blech-Cylinder, der 2326 Pfund Pulver hielt, im Innern des Schiffes herabgelassen. Zu diesem Zweck hatten vorher Taucher in die Schiffswand einen Bolzen eingeschoben und hieran einen Block mit eingeschnittenem Tau befestigt. An letzterem zog man den Cylinder herab. Als man diese Masse mittelst der galvanischen Batterie von dem 500 Fuß entfernten Fahrzeuge aus entzündete, erzitterten zunächst die in der Nähe liegenden Schiffe wie bei einem starken Erdbeben, aber erst 3 bis 4 Secunden später erhob sich das Wasser in compacter Masse in

der Form eines Doms, das 30 Fufs anstieg, und bei seinem Aufbrechen der Rauchwolke den Ausgang öffnete. Der Erfolg war sehr günstig, die Verbindung des Schiffes war wesentlich gelockert und eine Masse Holz konnte leicht gelöst und gehoben werden.

Bei der nächsten 1840 ausgeführten Sprengung liefs man 2116 Pfund Pulver am Hintersteven, und zwar aufserhalb des Schiffes, explodiren. Die Wirkung war zwar geringer, doch lösten sich die sämmtlichen Hölzer in der Nähe, die man nunmehr leicht heben konnte. In demselben Jahr wurden darauf innerhalb des Vordertheils des Schiffes noch 2250 Pfund Pulver entzündet. Die Wirkung war dabei noch stärker als früher, und das Wasser hob sich 80 bis 100 Fufs hoch. Das Wrack war aber vollständig zerbrochen, wenn auch zu demselben Zweck noch mehrere Jahre hindurch kleinere Sprengungen behufs Beseitigung einzelner Theile erforderlich waren. Erst 1844 war der Grund vollständig gereinigt.

§. 54.

Der Taucherhelm.

Der Mensch ist unfähig, die im Wasser befindliche Luft aufzusaugen, wie die Fische dieses mittelst der Kiemen thun, er kann daher, wenn er sich nicht mit den Apparaten versieht, von denen im Folgenden die Rede sein wird, gemeinhin nur einige Secunden ohne Gefahr unter Wasser bleiben. Der geübte Taucher, der vorher die Lungen reichlich mit Luft gefüllt hat und diese möglichst vorsichtig verwendet, verlängert die Zeit des Tauchens bis auf eine und in seltenen Fällen bis auf zwei Minuten. Die Ansammlung einer bedeutenden Quantität Luft in der Lunge wird aber dadurch erschwert, dafs der Druck des Wassers schon in mäfsiger Tiefe den Körper stark zusammenpresst, und deshalb eine grofse Anstrengung der Brustmuskeln erforderlich wird, um die Luft zurückzuhalten. Das häufige Tauchen bis zu grofser Tiefe ist aber immer für die Gesundheit nachtheilig. Dieses giebt sich besonders beim Perlen-Fischen zu erkennen, indem die dabei beschäftigten Taucher bald zu erkranken pflegen und frühzeitig sterben. Dieselben bleiben jedesmal einige Minuten unter Wasser, und um die Dauer der

Eintauchung möglichst abzukürzen, binden sie einen 20 bis 30 Pfund schweren Stein an die Füße, wodurch die Tiefe, die gemeinhin etwa 10 Faden beträgt, um so schneller erreicht wird. Sie versehen sich auch noch mit einer Art von äußerem Luftmagazin, indem sie einen mit Oel getränkten Schwamm an den Arm binden und diesen zuweilen an den Mund halten, um die darin enthaltene Luft einzusaugen. Sobald sie aber den Mangel an frischer Luft nicht länger ertragen können, so lösen sie den Stein von ihren Füßen und schütteln die Leine, welche ihnen um den Leib gebunden ist, worauf sie aufgezogen werden.

Nach Halley's Beobachtungen bedarf der Mensch in der Minute ungefähr 1 Gallon Luft, d. h. in nahe 7 Minuten 1 Cubikfuß. Wenn aber die ausgeathmete Luft wieder in denselben Raum zurückgestoßen wird, so kann man nur so lange noch nothdürftig darin athmen, als die Luft zur Hälfte rein ist. Hiernach genügt ein Luftraum von 1 Cubikfuß Inhalt nur für etwa 3 Minuten. Andre Beobachtungen haben ergeben, daß in einer Glocke von 35 Cubikfuß Inhalt nur während einer Stunde ohne besondere Beschwerde eine Person aushalten kann, wenn die Luft darin nicht erneut wird.

Die Taucher-Apparate bestehn theils in großen Gefäßen (Taucher-Glocken oder Taucher-Schachte), welche anhaltend mit frischer Luft gefüllt werden, und worin der Mensch bis zu beliebiger Tiefe herabgelassen wird, theils aber in Vorrichtungen, um dem Taucher die erforderliche Luft zuzuführen. Im letzten Fall, wovon hier zunächst die Rede sein soll, bildet die Umschließung des Kopfes, also der Taucherhelm, den Haupttheil, wenn derselbe auch gemeinhin mit einem wasserdichten Anzuge verbunden ist, der den ganzen Körper umgiebt.

Mehrere Taucher-Apparate beschreibt Leupold,^{*)} und er theilt zugleich eine Kupfertafel aus einer 1511 in Erfurt erschienenen Uebersetzung des Flavius Renatus Vegetius mit, worauf ein Mann in einer Kleidung dargestellt wird, die ihn ganz umgiebt und über dem Kopfe in einen Schlauch ausläuft, dessen Mündung mittelst einer angebundenen Blase über Wasser gehalten wird. Leupold erwähnt ferner, daß 1715 ein gewisser Becker mittelst eines Appa-

^{*)} Theatrum pontificiale. Leipzig 1726.

rates, der dem später zu beschreibenden Klingert'schen ähnlich ist, in die Themse bei London tauchte und eine Stunde unter Wasser blieb. Zwei Jahre später soll derselbe Apparat auch in Hannover versucht sein. Lorini beschreibt einen Apparat, der gleichfalls mit Luftröhren versehen war, wobei der Taucher, auf einem Stuhle sitzend, herabgelassen wurde.

Borelli's*) Erfindung, den Taucher mit einer zu comprimirenden Luftblase und mit Schwimmfüßen zu versehen, ist wohl zu abentheuerlich, als daß die Beschreibung hier wiederholt werden dürfte. Rove's Taucherkasten soll dagegen im Jahre 1753 wirklich ausgeführt sein. Derselbe bestand in einer großen, etwas gekrümmten Röhre aus Kupferblech, die so lang und weit war, daß ein Mensch darin liegen konnte. Auf der untern Seite waren zwei Aermel von Leder befestigt, in welche der Taucher die Arme steckte und so nach auferhalb des Kastens Gegenstände fassen konnte, während eingesetzte Glasscheiben ihn die nächsten Umgebungen erkennen ließen. Die in der Röhre befindliche Luft genügte, um während einer halben Stunde das Athmen zu gestatten.

Wichtiger ist der Klingertsche Taucher-Apparat. Der Erfinder sägte 1797 zum Beweise der Brauchbarkeit desselben am Bette der Oder bei Breslau einen starken Stamm durch und stellte manche andre Proben damit an. Der Apparat ist später vielfach angewendet und verdient näher beschrieben zu werden. Fig. 234 Taf. XXIX. stellt ihn dar. Er besteht in einem starken Cylinder aus Kupferblech, der oben durch ein Kugelsegment geschlossen ist. Dieses Stück bedeckt den Kopf des Tauchers und ruht mit einem breiten Rande auf dessen Schultern. Ein zweiter ähnlicher Cylinder, der den Körper des Tauchers zwischen den Armen und den Hüften bedeckt, hat denselben Durchmesser. Beide sind durch einen eben so weiten wasserdichten Schlauch aus Leder verbunden, der mit Aermeln versehen ist. Letztere werden mittelst breiter Riemen neben den Handgelenken fest auf die Arme gebunden und dadurch wasserdicht geschlossen. Dieser Schlauch wird sowohl oben als unten über die kupfernen Cylinder gestreift, an Knöpfen befestigt und mittelst eiserner Zugbänder, die mit Schrauben versehen sind, wasser-

*) In der *Edinburgh Encyclopaedia* Vol. VIII. findet man unter *Diving* und *Diving Bell* verschiedene Mittheilungen, die hier kurz angedeutet sind.

dicht aufgepreßt. Den Untertheil des Körpers bedeckt eine lederne Hose, die wieder über den untern Cylinder gestreift und an denselben mit Knöpfen und einem Zugbände, so wie auch an die Schenkel des Tauchers mit Riemen befestigt wird.

Zum Ab- und Zuführen der Luft dienen zwei Lederschläuche von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, die durch spiralförmig gewundene Drähte offen gehalten werden. Der eine mündet unmittelbar in den Helm, dieser führt die frische Luft zu. Der andre ist mit einem Mundstück aus Elfenbein versehen und der Taucher muß hier die auszuathmende Luft hineinblasen. Beide reichen bis über die Oberfläche des Wassers und werden durch anzuschraubende Ansatzstücke, jedesmal, so weit es erforderlich ist, verlängert. Ausserdem sind beide Röhren durch je eine am Gürtel befestigte kleine Büchse geleitet, wie die Figur zeigt, und diese dienen zur Aufnahme des niederschlagenden oder durchsikernden Wassers.

Vor die Augen des Tauchers sind zwei starke Glasscheiben eingesetzt, auch ist in der Kopfbedeckung ein Ventil angebracht, das sich nach aussen öffnet. Dieses schlägt der Taucher auf, sobald er wieder an die Oberfläche kommt, um ganz unabhängig von der Zuleitungsröhre den freien Zutritt der frischen Luft darzustellen. Endlich befindet sich am untern Cylinder, und zwar in einer kleinen Erweiterung desselben eine leichte Druckpumpe, mittelst deren der Taucher das Wasser entfernt, welches etwa in den Cylinder eingedrungen ist.

Der Helm ist so geräumig, daß er den Taucher schwimmend erhält. Sobald derselbe daher herabgehn will, muß er sich noch mit andern Gewichten belasten. Zu diesem Zweck ist der untere Cylinder mit einer Reihe von Haken umgeben, auf welche so viele Gewichte gehängt werden, daß der Taucher mit dem Druck von wenig Pfunden herabsinkt. Er wird dadurch in den Stand gesetzt, auf weichem schlammigen Boden zu gehn, indem er beinahe vollständig durch den hydrostatischen Druck getragen wird. Wenn aber zufälliger Weise der Apparat in Unordnung gerathen und für den Taucher irgend eine Gefahr entstehn sollte, so darf derselbe nur die angehängten Gewichte abwerfen, worauf er sogleich aufschwimmt, und wenn er alsdann das Ventil öffnet, so tritt nicht nur die frische Luft ein, sondern er kann auch zu den andern Arbeitern sprechen.

In diesem Apparat wird die Spannung der Luft nie größer, als an der Oberfläche des Meers, die Unannehmlichkeit des starken Luftdrucks wird also umgangen, dafür muß aber auch der Druck des Wassers vom Körper abgehalten werden, der nachtheiliger als der erste ist. Wenn ohne weitere Ueberdeckung des Körpers nur in einem Helm die Luftröhren angebracht wären, so daß in der Brust und in den Lungen die Luft die gewöhnliche Spannung hätte so würde beim Tauchen bis etwa zu 20 Fuß Tiefe der äußere Druck schon die Circulation des Bluts hemmen und Erstarrung eintreten. Aus diesem Grunde sind die starken kupfernen Cylinder nothwendig, doch sind diese bei jeder Bewegung sehr hinderlich, und wenn vollends auch nur eine geringe Strömung oder Wellenbewegung stattfindet, so wird der Taucher davon gefaßt und fortgetrieben.

Der Tonkinsche Taucher-Apparat unterscheidet sich von dem vorstehenden dadurch, daß auch die Arme, die Schenkel und Füße mit starken metallnen Cylindern umgeben sind, über welche wasserdichte Kleider gezogen werden. Braithwaite ging mit diesem Apparat in den 1804 bei Weymouth auf 10 Faden Tiefe gesunkenen Ostindien - Fahrer Obergavenny herab. Die Luftröhren reichten bis über Wasser und man fand, daß der Taucher sich durch dieselben bei lautem Sprechen sogar verständlich machen konnte.

Der Apparat, für welchen W. H. James patentirt ist, unterscheidet sich wesentlich von den beschriebenen dadurch, daß die Zu- und Ableitungsröhren der Luft fehlen, und sonach der Taucher sich ganz beliebig bewegen kann. Ausserdem schließt der Helm, der nur so groß ist, daß der Kopf darin freien Spielraum findet, einen weit geringeren Raum ein, wodurch der Widerstand des Wassers gleichfalls vermindert wird. Fig. 235 zeigt den Apparat im Durchschnitt *). Der Helm ist wieder aus Kupferblech getrieben und wasserdicht gelöthet. Er umgiebt den Kopf, den Hals, die Brust und den obern Theil des Rückens und ruht auf den Schultern. Eine Jacke aus wasserdichtem Zeuge ist an den untern Rand des Helms genäht. Die Aermel reichen bis gegen die Hand und werden

*) *Hebert's Engineer's and Mechanic's Encyclopaedia. Diving Apparatus.*

zweimal, nämlich über dem Handgelenk und am Oberarm durch elastische Bänder fest aufgebunden. Ein breiter und starker elastischer Gürtel schließt die Jacke dicht über den Hüften fest an den Leib. Außerdem zieht der Taucher noch eine Hose aus wasserdichthem Zeuge an, die über den Knöcheln wieder mit elastischen Bändern fest angeschlossen und oben über die Jacke gestreift und durch den erwähnten Gürtel gehalten wird. Für den untern Theil der Bekleidung ist die vollkommene Wasserdichtigkeit weniger nothwendig, als für den obern.

Statt der einzelnen Augengläser enthält der Helm eine quadratische Oeffnung von etwa 6 Zoll Breite und Höhe, welche durch eine starke Glasscheibe geschlossen wird. Sie befindet sich vor den beiden Augen und der Nase des Tauchers. Derselbe ist sonach im Stande, einen weiten Raum frei zu übersehn und namentlich alle Gegenstände zu seinen Füßen zu erkennen, ohne daß er den Kopf überneigen dürfte.

Der Raum im Innern des Helms ist mit Luft angefüllt. Dieselbe wird aber durch das Athmen nicht verdorben, indem der Taucher wieder das Mundstück einer Röhre im Munde hat, wodurch er die Luft ausbläst. Diese Röhre besteht aus Kautschuck und mündet durch eine feine, mit einem Klapp-Ventil versehene Oeffnung im Scheitel des Helms, wodurch die Luft in das Wasser entweicht. Zum Ersetzen der eingeathmeten Luft in dem Helme dient ein Reservoir, das mit comprimirter Luft angefüllt ist. Dasselbe besteht aus einer schraubenförmig gewundenen kupfernen Röhre, welche unter den Armen hängt. Diese Röhre wird vorher mittelst einer Compressions-Pumpe gefüllt, und an ihrem obern Ende steigt eine mit einem Hahn versehene feine Röhre auf, welche durch einen Kautschuck-Schlauch mit einer Ansatzröhre am Helm verbunden ist. Sobald die im Helm befindliche Luft so weit verdünnt ist, daß das Athmen beschwerlich wird, so öffnet der Taucher den erwähnten Hahn, und sogleich strömt die erforderliche Luftmenge wieder hinzu. Sollte durch zu langes Oeffnen des Hahns oder wegen Undichtigkeit desselben zu viel Luft einströmen, wobei der Helm, der nur gegen den äußern Druck gesichert ist, springen könnte, so entweicht die Luft durch ein gehörig belastetes Sicherheits-Ventil, das sich an der vordern Seite des Helms unter der Zuleitungsröhre befindet. Durch dieses Ventil wird auch die

Compression der Luft aufgehoben, sobald der Taucher an die Oberfläche des Wassers zurückkehrt. Indem er nämlich beim Ausblasen der Luft den Wasserdruck überwinden muß, so läßt er, ohne dieses zu bemerken, auch den Druck der Luft im Helm nach und nach immer größer werden, und sonach könnte der Helm und noch mehr die daran befestigte Kleidung leiden, wenn bei der starken Verminderung des äußern Drucks während des Aufsteigens der innere unverändert bliebe.

Wiewohl dieser Helm bedeutend kleiner ist, als der von Klingert, so verhindert er dennoch das Herabsinken des Tauchers, und dieser muß durch angehängte Gewichte sich beschweren. Gewöhnlich belastet er sich mit einem Uebergewicht von etwa 20 Pfund, alsdann kann er bequem an einem Tau herab- und heraufklettern. Dieser Apparat wird sehr gerühmt, und wenn auch einige Uebung erforderlich ist, um die Luft beim Ausathmen regelmäßig auszustoßen, und nur durch die Nase einzuathmen und den Luftraum im Helm, so oft es nöthig ist, wieder zu füllen, so gewöhnt sich der Taucher hieran doch bald, und er hat beide Hände frei und kann jede beliebige Verrichtung vornehmen. Er kann aber auch in die Räume eines gesunkenen Schiffes herabsteigen und, soweit die Erleuchtung es erlaubt, auch hier Untersuchungen anstellen, Gegenstände heraustragen oder, wenn man das Schiff sprengen will, die Pulverfässer gehörig verlegen und befestigen.

Bis zum Jahre 1830 fanden die vorstehend beschriebenen Apparate wenig Eingang, wogegen die Taucherglocke vielfach benutzt wurde, obwohl die Wirksamkeit des Tauchers in ihr sich auf einen sehr geringen Raum beschränkt, und dabei von manchen Verrichtungen, die eine freie Bewegung erfordern, ganz abgesehn werden muß. Der Grund, weshalb man von jenen Erfindungen so wenig Gebrauch machte und die Verbesserung derselben bisher unterblieb, beruhte vorzugsweise auf der Schwierigkeit der Darstellung wasserdichter Kleidungen. Man konnte sich hierzu nur des kostbaren, wegen seiner Steifigkeit höchst unbequemen, und bei vorkommenden Beschädigungen schwer auszubessernden Leders bedienen. Als jedoch in dieser Zeit die Anfertigung wasserdichter Stoffe aus Geweben, die man mit Kautschuck überzog, bekannt wurde, verschwand diese Schwierigkeit, und nunmehr ging man wieder zu den Taucherhelmen über.

Der unter der Benennung Scaphander bekannte Apparat fand allgemein Eingang, und zwar sieht man auf Baustellen, wo vielfach davon Gebrauch gemacht wird, eine große Anzahl derselben, und besondere Arbeiter sind beschäftigt, die nöthigen Reparaturen daran auszuführen, so daß bei vorkommenden Beschädigungen keine Unterbrechung eintritt, sondern sogleich ein Wechsel erfolgen kann. Die ganze Bekleidung besteht aus den erwähnten wasserdichten Stoffen. Die Jacke wird über die Hose gezogen und durch einen elastischen Gürtel mit dieser verbunden, so wie elastische Bänder die erste an den Handgelenken und die letzte über den Knöcheln den wasserdichten Schluß darstellen. Außerdem gehört zu dem Anzuge noch ein Paar Schuhe mit schweren Bleisohlen.

Die Jacke ist verbunden mit einem starken gekrümmten Ringe aus Messing, der auf den Schultern ruht, und an diesen schließt sich mittelst mehrerer Schrauben der messingne Helm wasserdicht an, der den Kopf und Hals überdeckt. Dieser Helm ist mit zwei runden, 4 Zoll im Durchmesser haltenden starken Gläsern versehen, welche der Sicherheit wegen auf der äußern Seite noch durch ein eisernes Gitter geschützt sind. Auf dem obern Theil des Hinterkopfes wird die Luft durch einen Gummischlauch in den Helm eingepumpt, und zum Auslassen derselben dient ein Ventil auf dem Scheitel, das sich von selbst öffnet, sobald der Druck im Innern stärker wird, als der Druck des Wassers ist. Der Eintritt der ausgeathmeten Luft in den Helm ist ohne Nachtheil, da hier fortwährend reichlich frische Luft hinzutritt, doch hat man zuweilen noch eine besondere, gleichfalls mit einem Ventil versehene Ausathmungsröhre angebracht, die der Taucher in den Mund nimmt.

Der erwähnte Gummischlauch führt nach einer Luftpumpe, die so lange in Thätigkeit erhalten wird, als der Taucher sich unter Wasser befindet, und während dieser Zeit bemerkt man die in Blasen entweichende Luft, woraus man auf die genügende Wirksamkeit der Pumpen schließen kann. Der Taucher ist indessen durch die Bleisohlen nicht hinreichend beschwert, er trägt daher noch Bleigewichte vor der Brust und am Rücken, die am Helm befestigt sind. Eine Leine, welche ein oben stehender Arbeiter in der Hand hält, dient, je nachdem sie einmal oder wiederholentlich angezogen wird, zu verschiedenen verabredeten Signalen, und möglichen Falls kann der Taucher daran heraufgezogen werden. Beim regelmässigen

Fortgange der Arbeit steigt er aber an einer Strickleiter hinab und herauf.

Das Tauchen bis auf eine Atmosphäre Ueberdruck, also etwa 30 Fufs Tiefe, ist ohne Nachtheil für gesunde Personen, und die Taucher gehn in der Regel zweimal am Tage auf etwa 3 Stunden herab. Wichtig ist es, daß sie nicht zu schnell herab- und noch mehr, daß sie möglichst langsam heraufsteigen, weil die plötzliche oder zu rasche Veränderung des Luftdrucks der Lunge nachtheilig ist. Kräftige Personen können aber auch zu viel größerer Tiefe herabsteigen und man hat Beispiele, daß selbst unter dem Druck von $4\frac{1}{4}$ Atmosphären noch Arbeiten ausgeführt wurden.

Diese Apparate haben sich bei dem vielfachen und lange fortgesetzten Gebrauch, den man von ihnen gemacht hat, als vollständig sicher bewährt. Nichtsdestoweniger ist die Zuführung der Luft dabei nicht nur unbequem, sondern auch schädlich, insofern eine starke Strömung fortwährend den Kopf trifft. Dazu kommt noch, daß bei der Verdichtung der Luft Wärme frei wird, also die Luft mit erhöhter Temperatur in den Helm tritt, während der übrige Körper durch das umgebende Seewasser abgekühlt wird. Rheumatische Uebel sind daher nicht selten die Folge des Tauchens in Scaphandern.

Die erwähnten Uebelstände sind vor einigen Jahren durch eine sinnreiche Anordnung der Zuführung der Luft und durch eine Veränderung der Luftpumpe beseitigt. Die Erfindung rührt vom Französischen Ingenieur Rouquayrol und vom Marine-Lieutenant Denayrouze her. Sie ist bereits vielfach zur Anwendung gekommen und hat nach den bekannt gewordenen Berichten über die in Französischen Kriegshäfen dabei gemachten Erfahrungen sich vollständig bewährt *). Dieser Apparat wird auch bei den Bernstein-Fischereien in der Ostsee mit Vortheil benutzt und ist seit einiger Zeit beim Hafenbau in Stolpmünde im Gebrauch.

Der wesentlichste Theil ist das Luft-Reservoir. Der Taucher trägt auf dem Rücken die beiden Fig. 245 a. und b. auf Taf. XXXI. dargestellten und mit einander verbundenen Cylinder aus Stahlblech. Der untere, etwa 7 Zoll lange und 4 Zoll im Durchmesser haltende Cylinder, der horizontal liegt, ist das Luft-Magazin, in welches mittelst eines

*) *L'art de plonger et de travailler sous l'eau.* In Paris ohne Jahreszahl gedruckt.

Schlauchs die verdichtete Luft eingepumpt wird. Der darüber befindliche aufrecht stehende Cylinder, der wieder 4 Zoll im Durchmesser hält, und etwa 3 Zoll hoch ist, steht mit dem ersten durch eine Röhre in Verbindung, in welcher sich ein Kegel-Ventil befindet, das nach unten aufschlägt. Da der Luftdruck im ersten Cylinder meist stärker ist, als im zweiten, so bleibt dieses Ventil gewöhnlich geschlossen, doch öffnet es sich, sobald die Luft im obern Cylinder nicht mehr die der Tiefe entsprechende Spannung hat. Dieser Cylinder ist nämlich in der obern Basis mit keiner festen Decke versehen. Es tritt daselbst aus der cylindrischen Fläche ein Rand nach innen vor. Ueber diesen ist eine dünne Kautschuckplatte gespannt, die durch einen darüber gelegten Ring gehalten wird. Dieser Ring ist durch Schrauben gegen jenen Rand des Cylinders befestigt. Die elastische Decke hebt sich, sobald die Spannung im Innern stärker als die äußere ist, und im entgegengesetzten Fall krümmt sie sich abwärts. Durch die Mitte dieser Decke greift aber der Stiel des erwähnten Ventils hindurch und wird sowohl darüber wie darunter durch Scheiben und Schraubenmuttern sicher gehalten. Indem das Ventil sich nicht heben kann, so ist auch die Hebung der Kautschuckplatte in ihrem Mittelpunkte unmöglich, wohl aber senkt sie sich, sobald die Luft im obern Cylinder nicht die der Tiefe entsprechende Spannung hat. In diesem Fall stößt sie das Ventil auf, und es tritt aus dem untern Cylinder so viel Luft hinzu, daß das Gleichgewicht sich darstellt. Alsdann bildet die elastische Platte wieder eine Ebene, wobei das Ventil sich schließt. Um die Bewegung des Ventils zu sichern, setzt sich der Stiel desselben nach abwärts fort und findet in einem Stege die Führung, so daß er in der Achse der Röhre bleibt. Fig. b. zeigt diese Anordnung im Durchschnitt.

Aus dem obern Cylinder wird die Luft dem Taucher zugeführt, doch tritt die Kautschuckröhre nicht unmittelbar in seinen Mund, sondern endigt in einer gebognen Kautschuckplatte, die vor dem Munde liegt, und aus welcher zwei Lappen vortreten, welche mit den Lippen festgehalten werden. Beim Einathmen wird die Luft in dieser Art aus dem obern Cylinder entnommen, worauf sogleich dieselbe Luftmasse aus dem untern zuströmt. Die Ausathmung erfolgt durch dieselbe Röhre, da jedoch der obere Cylinder schon dem Wasserdruck entsprechend gefüllt ist, so wird diese Luft

durch ein eigenthümlich geformtes Ventil in das Wasser ausgestossen. Man sieht dieses Ventil in Fig. 245 a. in der Seiten-Ansicht und Fig. c. zeigt es von vorn. Es besteht wieder aus Kautschuck und stellt sich als eine Platte von 3 Zoll Höhe und 2 Zoll Breite dar. Mit ihrem untern Ende umschliesst dieselbe das metallne Rohr, welches die Fortsetzung des Gummischlauchs bildet. Das Rohr ist hier mit einer Oeffnung versehen, und diese steht in Verbindung mit einer Höhlung in der Platte, letztere spaltet sich aber und beide Lamellen schliessen sich aneinander und sperren die Verbindung jener Höhlung mit dem umgebenden Wasser. Sobald aber beim Ausathmen der Druck sich vermehrt, so öffnen sie sich ein wenig und lassen die Luft entweichen.

Der Taucher athmet die Luft sowohl aus wie ein nur durch den Mund, und um zu verhindern, dass er nicht vielleicht unvorsichtiger Weise auch durch die Nase athmet, so wird eine gepolsterte mit einer Schraube anzuspannende leichte Klemme auf die Nase gesetzt, welche beide Flügel der letzteren eindrückt. Indem der untere Cylinder sehr stark gespannte Luft enthält, mit der nach dem jedesmaligen Bedürfniss der obere Cylinder sich füllt, so kann der Taucher aus dem ersteren noch während einiger Minuten die nöthige Luft entnehmen, wenn auch die Pumpe ausser Thätigkeit gesetzt wird, oder vielleicht der Schlauch undicht werden sollte. Am Eintritt desselben in den Cylinder befindet sich aber eine Klappe, welche den Rücktritt der Luft verhindert. Giebt man dem Taucher durch Anziehn der um seinen Leib gebundenen Leine das Zeichen, dass die Zuführung der Luft aufgehört hat, so genügt der Vorrath, den er auf dem Rücken bei sich führt, vollständig, um auf der Strickleiter wieder über Wasser steigen zu können.

Die zu diesem Apparat gehörige Luftpumpe, die Fig. 245 d. sowohl in der Ansicht von der Seite als im Durchschnitt zeigt, unterscheidet sich von den sonst üblichen dadurch, dass nicht die Kolben, sondern die Pumpenstiefel auf und ab bewegt werden, während die Kolbenstangen an der Sohlenplatte befestigt sind, und in den Scharnieren neben derselben nur wenig seitwärts schwingen. Die ganze Einrichtung ergiebt sich aus der Zeichnung. Ueber jeder Haube befindet sich eine feste Platte mit einem Kegelventil, das beim Einpumpen der Luft sich nach oben öffnet. Um dasselbe in seiner gehörigen Richtung zu halten, und um zu verhindern, dass

es nicht etwa ausspringt, tritt ihm aus dem Scheitel der Haube ein Stift entgegen, der seine Bewegung begrenzt. Zur Seite von jeder Haube steht ein Becher, aus welchem eine Röhre, die man mit einem Hahn schliessen kann, über das obere Ventil führt. Hierdurch läßt sich jene Platte mit einer Wasserschicht überdecken. Der Kolben ist gleichfalls mit einem Kegelventil versehen, dessen Bewegung durch einen Knopf am untern Ende seiner Achse begrenzt wird.

Die Vorzüge dieser Anordnung sollen besonders in der erwähnten Ueberdeckung des obern Ventils mit Wasser beruhn, wodurch theils ein dichter Schluß dargestellt, theils aber auch die Luft abgekühlt wird, indem sie durch das Wasser tritt. Letzteres kann augenscheinlich nur geschehn, wenn man das Wasser häufig erneut, und dieses geschieht durch die neben jeder Haube befindlichen und durch Hähne abzusperrenden Becher. Ausserdem wird von dieser Anordnung der Pumpe gerühmt, daß der sogenannte schädliche Raum dabei fast ganz verschwindet, indem die obere Fläche des Kolbens bei jedem Stofs die darüber befindliche Platte berührt.

Aus jeder Haube wird die comprimirte Luft durch einen Gummischlauch abgeleitet. Einen derselben zeigt die Figur, und beide vereinigen sich vor einem Manometer, welches die Spannung der Luft anzeigt. Unter demselben befindet sich ein Hahn, der bei zu starkem Druck geöffnet wird. Dieselbe Messingröhre, welche diesen Hahn und das Manometer trägt, spaltet sich in ihrer Fortsetzung in zwei Ansätze, an welche zwei Gummischläuche anzuschrauben sind, von denen jeder aber durch einen besondern Hahn gesperrt werden kann. In dieser Weise genügt ein Pumpen-Apparat, um zwei Taucher mit Luft zu versehen. In alle Gummischläuche sind Draht-Spiralen eingeschoben.

Der beschriebene Taucher-Apparat kann auch ohne Helm und besondere Kleidung benutzt werden. Der Taucher schnallt den Fig. 245 a. und b. dargestellten Luft-Cylinder auf den Rücken, nimmt die Kautschuckplatte vor den Mund, bindet den Nasenkneifer um und zieht die mit Bleisohlen versehenen Schuhe an, worauf er nackt oder in gewöhnlicher leichter Kleidung herabsteigt. Er kann sich alsdann besonders leicht bewegen und ist zu starker Kraftanstrengung befähigt, doch verbietet alsdann die Kälte einen längern

Aufenthalt im Wasser. Wenn daher nicht vorherzusehn, daß die Arbeit etwa in einer halben Stunde beendigt werden kann, so ist die Anlegung des Taucher-Anzuges nothwendig.

Ueber diesen Anzug ist wenig zu sagen, da er mit dem oben beschriebenen übereinstimmt, nur fehlt dabei der Helm, der bei der directen Zuführung der Luft nach dem Munde entbehrlich ist. Dafür schließt sich an die Jacke eine Kappe an, die den Hinterkopf bedeckt, und diese ist mit einem schräge abgeschnittenen Blechkegel verbunden, der vor dem Gesicht liegt. Durch denselben ist die Luftröhre nach dem Munde des Tauchers hindurchgezogen, und in seiner äußern Basis ist ein starkes Glas von 3 Zoll Durchmesser eingesetzt. Dieses Glas soll bequemer sein, als die im Helm vor beiden Augen angebrachten Gläser. Dabei tritt indessen ein Uebelstand ein, den man im Scaphander nicht bemerkt. Die in den Helm des letztern fortwährend eintretende und wieder entweichende Luft beseitigt nämlich den Wasserdunst, während derselbe aus dieser Kopfbedeckung sich nicht entfernen kann und auf dem Glase so stark niederschlägt, daß dieses undurchsichtig wird. Der Taucher muß alsdann seine Arbeit unterbrechen und heraufgehn, um das Glas abwischen zu lassen, Man hat bemerkt, daß solche Unterbrechung besonders nach Einnahme der Mittags-Mahlzeit vorzukommen pflegt.

Die Taucher-Arbeiten werden häufig durch die Dunkelheit unterbrochen, und wenn das Wasser trübe ist, so fehlt es selbst bei Tage schon in mälsiger Tiefe so sehr an Licht, daß aus diesem Grunde alle Untersuchungen und Verrichtungen unmöglich werden. Man hat aus diesem Grunde sich vielfach bemüht, eine brauchbare Taucherlampe darzustellen. In einfachster Weise ist dieses geschehn, indem man die Lampe wasserdicht rings umher abschloß, und sie durch eine flexible Röhre mit der äußern Luft über Wasser in Verbindung setzte. Der Effect war indessen wegen mangelnden Zutritts frischer Luft durchaus ungenügend. Nahe dasselbe fand auch statt, wenn man zwei Röhren oder Schläuche anbrachte, die über Wasser hinaufreichten, und von denen die eine sich unmittelbar über der Flamme befand, durch welche also die erwärmte Luft abgeführt werden sollte. Diese erkaltet aber so sehr, daß die beabsichtigte Circulation nur höchst unvollständig eintritt, und selbst in geringer Entfernung nur ein schwacher Schimmer sich bildet. Auch die Ver-

suche, aus dem Helm der Lampe frische Luft zuzuführen, gaben keine brauchbaren Resultate, woher gemeinhin die Taucher-Arbeiten unterbrochen werden, sobald das Wasser stark getrübt ist.

In neuerer Zeit hat man jedoch diesen Uebelstand durch Anwendung der electrischen Lampe vollständig beseitigt. Aus derselben treten in Kautschuckröhren die Leitungsdrähte bis über Wasser und stehn mit einer galvanischen Säule von 50 Elementen in Verbindung. In der Lampe befinden sich die beiden Kohlen spitzen, zwischen denen die Lichtentwicklung erfolgt, und diese ist so stark, daß die Umgebungen deutlicher als im Tageslicht vortreten. Die Erleuchtung setzt sich unverändert während drei Stunden fort, alsdann sind die Kohlenstifte verbrannt und es müssen dafür neue eingeschaltet werden. Die ganze Vorrichtung, welche mit den auf Leuchthürmen eingeführten übereinstimmt, ist aber sehr kostbar, woher für vorliegenden Zweck wohl nicht leicht davon Gebrauch gemacht werden dürfte.

§. 55.

55. Die Taucherglocke.

Die Taucherglocke besteht aus einem hinreichend festen und wasserdichten Behälter ohne Boden, in welchem mehrere Personen sich aufhalten und die verschiedensten Verrichtungen vornehmen können. Beim Versenken wird die darin enthaltene Luft durch den Wasserdruck, der von unten auf sie wirkt, comprimirt, indem man aber fortwährend Luft hineinpumpt, so wird das Wasser bis zum untern Rande der Glocke zurückgedrängt, und in der Glocke stellt sich diejenige Spannung der Luft ein, welche dem Wasserdruck an ihrer Basis entspricht.

Die Verdichtung der Luft ist namentlich beim Herabgehn zu größerer Tiefe zwar fühlbar, doch verschwindet die Unbequemlichkeit, sobald die im menschlichen Körper enthaltene Luft dieselbe Spannung, wie die äußere, angenommen hat. Diejenigen Personen, welche schon mehrmals herabgegangen sind, pflegen auch durch starkes Ein- und Ausathmen in der Zeit, wo der Luftdruck sich ändert, die Ausgleichung schnell herbeizuführen.

Die Erfindung der Taucherglocke ist sehr alt, schon

Aristoteles sagt, daß man unter einem umgekehrten Kessel sich tief ins Wasser herablassen kann. Nach manchen Nachrichten muß man annehmen, daß die Taucherglocke bereits im funfzehnten Jahrhundert beim Perlenfischen gebraucht wurde. In Toledo ließen sich in Gegenwart Karl V. zwei Griechen unter einem umgekehrten Kessel in den Tajo herab und nahmen zugleich ein brennendes Licht mit sich, das beim Aufziehn des Kessels zur allgemeinen Verwunderung noch brannte.

Im siebzehnten Jahrhundert wurde die Taucherglocke, wie Leupold mittheilt, vielfach benutzt, und zwar bestand sie gemeinhin aus Blei, war aber nur etwa 3 Fuß hoch, während sie unten einen Korb trug, worin der Taucher saß. Für Erneuerung der Luft wurde dabei gar nicht gesorgt, woher sie jedesmal nach kurzer Zeit wieder gehoben werden mußte.

Karl II., König von Spanien und Portugal, gab 1680 einem Amerikaner Namens W. Phipps die Erlaubniß, die reiche Ladung eines bei Hispaniola gestrandeten und gesunkenen Schiffes mittelst der Taucherglocke herauszubringen. Der Erfolg war aber in den ersten Jahre so unbedeutend, daß die Unterstützung, die der König Anfangs gewährt hatte, ausgesetzt wurde und dadurch das ganze Unternehmen ins Stocken gerieth. Phipps reiste indessen bald darauf nach England und wußte einige Privat-Personen, denen er bedeutende Antheile des Gewinns zusagte, für das Unternehmen aufs Neue zu gewinnen. Im Jahre 1687 wurden die Versuche wieder begonnen, und zwar so glücklich, daß etwa 200,000 Pfund Sterling in Gold gehoben wurden.

Gegen das Jahr 1700 gab der berühmte Astronom Halley die in Fig. 236 auf Taf. XXIX. dargestellte Einrichtung der Taucherglocke an, die ziemlich nahe mit der jetzt üblichen übereinstimmt. Die Glocke hatte die Form eines abgestutzten Kegels und war aus starken Falsdauben zusammengesetzt. Im Innern war sie aber mit zusammengelötheten Bleiplatten bekleidet. Ihre Höhe betrug 8 Fuß, der untere Durchmesser 5, der obere 3 Fuß. Ihr Gewicht war nicht so groß, daß sie von selbst herabsank. Sie war daher unten mit drei aufwärts gekehrten Haken versehen und hieran hingen drei eiserne Gewichte von je 2 Centnern. Diese Gewichte standen, wenn die Glocke ganz herabgelassen war, auf dem Grunde, die Glocke selbst berührte aber diesen nicht, sondern

blieb mit ihrem Rande, wie es scheint, etwa 3 Fufs darüber, was auch wegen der gewählten Art der Zuleitung der Luft nothwendig war. In einiger Höhe über dem untern Rande befand sich eine kreisförmige Bank, auf der die Arbeiter beim Herablassen wie beim Heben der Glocke saßen. Bei der Arbeit selbst standen sie im Wasser. In der Decke befand sich eine Oeffnung, worin eine starke Glasscheibe luftdicht eingesetzt war. Daneben war eine zweite kleine Oeffnung zum Auslassen der Luft eingeschnitten, die jedoch gewöhnlich durch einen Hahn geschlossen blieb.

Die Glocke wurde am Bogspriet eines Schiffes herabgelassen, und daneben waren noch zwei Rollen befestigt, an welchen die beiden Luft-Fässer hingen, die abwechselnd sich auf und ab bewegten und bei jedem Niedergang die erforderliche Luft der Glocke zuführten. Jedes dieser Fässer war durch starke Gewichte hinreichend beschwert, um, selbst wenn es Luft enthielt, noch schnell herabzusinken, und faßte $5\frac{1}{4}$ Cubikfufs. Sowohl oben als unten waren die Fässer mit Oeffnungen versehen. Die untern blieben ganz frei, aus den obern trat dagegen in jedem Fasse ein lederner, durch eine Spiralfeder offen gehaltner Schlauch von etwa 5 Fufs Länge heraus, der mit einer schweren Ausgußröhre aus Messing versehen war. Sollte eins dieser Fässer mit Luft gefüllt werden, so hob man, sobald sein Boden über Wasser trat, die Ausgußröhre auf, durch welche die Luft bei weiterm Anheben des Fasses in dasselbe einströmte. War dieses geschehn, so liefs man den Schlauch niederfallen und versenkte das Faß auf den Meeresgrund, so dafs es tiefer als der untere Rand der Glocke stand. Aus der letztern faßte man alsdann den Schlauch mit einem Haken, und hob seine Mündung innerhalb der Glocke aufwärts, worauf die Luft aus dem Faß in die Glocke strömte. War diese ganz mit Luft angefüllt, so öffnete man von Zeit zu Zeit den Hahn in der Decke, um in demselben Maafse, wie frische Luft von unten hinzutrat, die verdorbne oben auszulassen.

Ueber die Benutzung dieser Taucherglocke sammelte Halley sehr schätzbare Erfahrungen. Er ging einst selbst mit ihr herab und zwar bis 60 Fufs unter den Meeresspiegel. Er blieb anderthalb Stunden ohne Beschwerde unten, nur die schnelle Zunahme des Luftdrucks während des Herablassens fand er unangenehm, da sie heftige Ohrenschmerzen verursachte, indem die com-

primirte Luft auf das Trommelfell einen starken Druck ausübte, so lange die Luft im Innern des Körpers noch nicht dieselbe Spannung hatte. Halley empfahl daher, man solle die Glocke zuerst 12 Fuß tief herablassen und sie einige Zeit in dieser Höhe halten, damit die Ausgleichung des Drucks nach und nach erfolgen könne. Er fand übrigens, daß die Beleuchtung bei ruhiger See vollkommen genügend und sogar besser war, als bei trübem Wetter in manchen Zimmern, man konnte aber auch ganz bequem in der Glocke ein Licht anzünden, falls die Beleuchtung nicht hinreichte. An einer unter dem Rande der Glocke hindurch gezogenen Leine wurden Bleitäfelchen herauf- und herabgelassen, auf welchen man die Mittheilungen aufschrieb, die man sich gegenseitig machen wollte. Endlich erwähnt Halley, daß beim Oeffnen des Lufthahns der Wasserspiegel in der Glocke in Folge der plötzlichen Verminderung des Drucks in ein Aufwallen versetzt wurde, als wenn das Wasser kochte.

Halley erfand im Jahre 1721 noch eine Vorrichtung, durch welche man einzelne Arbeiter mit einem Taucherhelm versehen und zu manchen Untersuchungen und Verrichtungen außerhalb der Glocke beschäftigen konnte. Dieser Helm bestand wieder in einer unten offenen Glocke aus Blei, die man wie eine Kappe auf den Kopf setzte, die aber bis unter die Schultern herabreichte. Sie stand mittelst eines ledernen Schlauchs von 2 Zoll innerm Durchmesser mit der Glocke in Verbindung. Der Schlauch wurde wieder durch eine messingene Spiralfeder offen gehalten und hatte die Länge von etwa 40 Fuß. Sobald diese Kappe über dem Wasserspiegel in der Glocke getragen wurde, strömte die Luft ununterbrochen aus der letztern in die erstere über, nur wenn der Taucher unter dem Rande der Glocke hindurchging, mußte die Verbindung beider unterbrochen werden, weil sonst die Kappe sich mit Wasser füllte. Hierzu diente ein Hahn dicht neben der Kappe, den der Taucher selbst schliessen und öffnen konnte. Letzterer trug den ganzen Schlauch, soweit derselbe frei war, über dem linken Arm und hob eine Windung nach der andern ab, wenn er sich von der Glocke entfernte. Wollte er dagegen zurückgehn, so durfte er nur dem Schlauch folgen, um die Glocke wieder zu finden.

Der Taucher stand indessen so lose im Wasser, daß er selbst

dem schwächsten Strom nicht widerstehn und nur mit Mühe den Widerstand des Wassers überwinden konnte. Er mußte daher noch mit etwa 200 Pfund Blei belastet werden, welches man ihm an den Gürtel hing, um den Schwerpunkt möglichst zu senken. Endlich erwähnt Halley, daß die Kälte des Meerwassers so groß war, daß der Taucher außerhalb der Glocke fast erstarrte. Es mußte deshalb für dicke wollne Kleidung gesorgt werden, die zwar sogleich sich voll Wasser zog, aber dennoch die Kälte mäßigte.

Im Jahre 1775 gab Spalding mehrfache Aendrun gen in der Einrichtung der Halleyschen Glocke an, nachdem er 1774 dieselbe zum Bergen der Ladung eines bei Fern-Island gesunkenen Schiffs vergeblich und mit den größten Gefahren versucht hatte. Auf dem felsigen und unebnen Boden, wo unabsehbare Gründe neben hohen Klippen lagen, war nämlich ein Umschlagen der Glocke leicht möglich, außerdem aber entstand noch bei den unzulänglichen Einrichtungen die Besorgniß, daß am Apparate irgend etwas brechen oder die Arbeiter nicht gehörig sorgsam sein möchten. Spalding stellte sich daher die Aufgabe, solche Anordnungen zu treffen, daß die herabgelassenenen Arbeiter in den Stand gesetzt würden, die Glocke in jeder beliebigen Höhe festzuhalten, so daß ein weiteres Sinken derselben nicht stattfände, wenn auch das Tau noch fortwährend nachgelassen würde. Außerdem sollte die Glocke aber auch ganz unabhängig von der Windevorrichtung sogleich wieder gehoben werden können, und zwar bis zur Oberfläche des Wassers.

Fig. 237 stellt diese Glocke im Durchschnitt dar. Sie besteht wieder aus Holz und ist mit doppeltem Boden versehen, so daß der obere Theil einen luftdicht abgeschlossnen Raum bildet. Die Belastung besteht theils aus den vier zur Seite aufgehängten Gewichten *A*, theils aus einem in der Mitte herabhängenden Gewichte *B*. Die vier ersten sichern nur die aufrechte Stellung der Glocke, sie genügen aber, selbst wenn der obere Raum mit Wasser angefüllt ist, noch nicht vollständig, um die Glocke in der Tiefe zu erhalten, vielmehr ist hierzu noch das Gewicht *B* erforderlich. Wenn dagegen der obere Raum mit Luft erfüllt wird, so steigt die Glocke sogleich mit allen Gewichten empor. Das Gewichts *B* dient hiernach als Anker für die Glocke. Beim Herablassen wird der obre Raum mit Wasser gefüllt, indem man das Ventil *D* mit-

telst der Zugstange *C* aufstößt, das Gewicht *B* wird aber so weit herabgelassen, daß es einige Fuß tief unter dem Rande der Glocke hängt. Trifft man nun zufälliger Weise auf einen vorragenden Gegenstand, der ein Umschlagen der Glocke zur Folge haben könnte, so läßt man sogleich das Gewicht *B* so weit herab, daß es den Grund berührt. Alsdann sinkt die Glocke nicht tiefer, sondern schwimmt frei im Wasser, und zwar in senkrechter Stellung und in derjenigen Höhe über dem Grunde, welche die Länge des Taues von *B* bedingt. Man kann sonach schon durch Lösung dieses Taues die Glocke bis zur Oberfläche des Wassers ansteigen lassen, aber alsdann bliebe das Gewicht *B* am Grunde liegen. Dieses wird vermieden, wenn man den obern Raum der Glocke mit Luft füllt, Letztres geschieht, sobald man den Hahn *E* öffnet. Die Luft dringt alsdann aus dem untern Raum in den obern, und wenn die Versorgung des erstern regelmäßig fortgeht, so füllen sich bald beide mit Luft an, und die Glocke steigt mit zunehmender Geschwindigkeit herauf, indem die Luft bei Verminderung des äußern Drucks sich ausdehnt und sonach das Wasser herausdrängt. Das Ansteigen geschieht sogar mit solcher Heftigkeit, daß die Arbeiter von den Sitzen geworfen werden, und man muß daher die Geschwindigkeit mäßigen, was durch Auslassen der Luft durch den Hahn *F* möglich wird.

Im Uebrigen ist diese Glocke der Halley'schen ziemlich ähnlich. Die zwei Fenster befinden sich an den Seitenwänden, eines derselben ist bei *G* sichtbar. Die Bänke sind nicht fest, sondern hängen an Leinen, und hierzu, so wie auch zu andern Zwecken sind eine Menge Haken in dem Mittelboden angebracht. Die Versorgung mit Luft geschieht nahe in derselben Art, wie bei der Halley'schen Glocke. Die Luftfässer haben wesentlich dieselbe Einrichtung, nur ihre Form ist verschieden, und sie werden so wie die Glocke durch vier Bleigewichte belastet. Damit sie aber regelmäßig neben der Glocke herabkommen, und namentlich der Schlauch mit Leichtigkeit von den Arbeitern gefaßt werden kann, so befinden sich zwei Leitseile *H* neben der Glocke und sind an dem untern Rande derselben befestigt. Die Schläuche, welche aus den Fässern ausgehn, sind oben an passenden Stellen mit Ringen *I* versehen, durch welche jene Leitseile gezogen sind. Auf diese Art kommen die Schläuche unmittelbar neben der Glocke zum

Vorschein und können sonach leicht gefasst werden. Sie sind aber noch durch Hähne geschlossen, damit die Luft, namentlich wenn die Glocke steigen soll, langsam ausströmen kann.

Wenige Jahre später schlug Coulomb eine andre Einrichtung der Glocke vor, wobei diese nicht bis zu beliebiger Tiefe herabgelassen, sondern nur so weit gesenkt werden konnte, als die Bordhöhe des damit verbundenen Schiffs es gestattete. Der Apparat verwandelt sich dadurch in Taucherschiff, wovon in Folgendem die Rede sein wird.

Wichtiger ist die Aenderung, welche Smeaton 1776 in der Anordnung der Taucherglocke einführte. Er stellte sie nämlich aus Gufseisen dar, und um sie mit frischer Luft zu versehen, benutzte er statt der bisher üblichen Luftfässer eine kräftige Druckpumpe.^{*)} Er gab ihr also diejenige Einrichtung, welche sie bis jetzt behalten hat, die auch wegen der Einfachheit und großen Sicherheit und Bequemlichkeit im Gebrauch den Vorzug verdient. Diese Glocke wurde zuerst beim Bau des Hafens zu Ramsgate benutzt. Sie war $4\frac{1}{2}$ Fufs lang, 3 Fufs breit, $4\frac{1}{2}$ Fufs hoch und wog 50 Centner. Zwei Mann fanden darin Platz, und die Luftpumpe befand sich in einem Boote, während die Glocke am Ausleger eines Krahns hing.

Die gegenwärtig üblichen Taucherglocken bestehn aus Gufseisen und haben mit manchen geringen Abweichungen die Fig. 239 dargestellte Form und Einrichtung. Die Glocke bildet im Grundrifs ein rechtwinkliges Viereck mit abgerundeten Ecken von 6 Fufs Länge und 4 Fufs Breite. Ihre obre Decke ist flach gewölbt und mit einer Verstärkungsrippe versehen, die sich über die ganze Länge der Glocke erstreckt. Die Höhe misst $4\frac{1}{2}$ bis 5 Fufs. Die Wandstärke beträgt in der Decke und im obern Theil der Wände 18 Linien, unten dagegen bis 3 Zoll. Durch diese Zunahme der Wandstärke wird der Schwerpunkt tiefer herabgebracht. Eine solche Glocke wiegt durchschnittlich 100 Centner, wogegen das durch sie verdrängte Wasser nur etwa 65 Centner wiegt. Ihr eignes Gewicht genügt daher, um sie ohne fremde Belastung bis zu jeder beliebigen Tiefe herabzulassen.

^{*)} *Reports on the late John Smeaton. Sec. edition. Vol. II. London 1837. Seite 129.*

Auf angegossenen oder aufgeschrobnen Leisten an den schmalen Seiten der Glocke liegen die Bretter, welche zu Sitzbänken für die Arbeiter dienen. In der Mitte der langen Seiten, und zwar dicht über dem untern Rande sind eiserne Bügel aufgeschroben, welche eine dünne eiserne Platte tragen, die als Fußbrett benutzt, während der Arbeit aber gewöhnlich ausgehoben wird, weil sie den Arbeitsraum beschränken würde. In der Decke sind zwölf Oeffnungen von 8 Zoll Durchmesser befindlich, in welche kreisrunde Glasscheiben eingekittet sind. Diese Scheiben sind $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll stark und so fest, daß sie einen bedeutenden Druck oder Stoß sicher aushalten können. Es sind dieselben Gläser, welche man bei Seeschiffen in das Deck einkittet, um die untern Räume zu erleuchten, und sie sind so stark, daß Ketten, Anker und selbst Kanonen darüber gezogen werden dürfen.

Unter diesen Gläsern, die auf beide Seiten gleichmäfsig vertheilt sind, befinden sich zwei Reihen Haken aus Schmiedeeisen, mittelst Schrauben befestigt, worüber gemeinhin Leinen gespannt sind, um leichte Geräthe und Utensilien anzuhängen. Häufig treten auch aus der Decke starke Haken herab, woran man Flaschenzüge befestigen und mittelst derselben schwere Gegenstände, wie Steine, Gefäße mit Mörtel u. dgl. in der Glocke herablassen, oder nach Erforderniß wieder aufheben kann.

Die Versorgung mit Luft erfolgt durch eine Compressionspumpe, die von dem Augenblicke an, wo die Glocke in das Wasser taucht, bis sie wieder vollständig herausgezogen ist, ununterbrochen in Thätigkeit erhalten wird. Diese Pumpe ist gemeinhin in gleicher Art wie eine gewöhnliche Feuerspritze aufgestellt. Sie hat zwei Stiefel und einen Luftkessel. Aus dem Letztern tritt der lederne Schlauch heraus, der etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser hält und mittelst Kautschuck-Firnifs vollkommen gedichtet ist. In seiner ganzen Länge enthält er eine spiralförmig gewundne Feder aus Draht, die das scharfe Biegen und sonach das Brechen und das Eindrücken des Schlauchs verhindert. Der Schlauch mündet in der Decke der Glocke, und zwar im Mittelpunkt derselben, wo er auf eine luftdicht eingesetzte Messingröhre gezogen ist. Die untre Mündung dieser Röhre wird durch ein Ventil geschlossen, welches durch eine schwache Feder gegen die Oeffnung gedrückt wird. Die Spannung der einströmenden Luft muß daher so groß sein, daß sie auch

den Druck der Feder überwindet. Dieses Ventil verhindert aber das Ausströmen der Luft aus der Glocke und sonach die Anfüllung derselben mit Wasser, falls der Schlauch irgendwo undicht werden sollte. Die in der Glocke enthaltene Luft genügt aber für längere Zeit, so daß bei zufälligem Bruch des Schlauchs, der sich in der Bewegung der Pumpen sogleich zu erkennen giebt, keine Gefahr für die Arbeiter entsteht, doch muß in solchem Falle die Glocke sogleich gehoben werden.

Fig. 240 zeigt die Aufstellung der Taucherglocke bei Fundirung des verlängerten Hafendamms in Sunderland, der im Jahre 1841 ausgeführt wurde. Eine Eisenbahn ruhte auf zwei starken Balken, die von Pfählen und Böcken unterstützt wurden. Der Wagen, der die Glocke trug, war mit einer hohen und geräumigen, auf allen vier Seiten verstreuten Rüstung versehen, in welche die Glocke hineingewunden wurde, um den Wagen über die Querverbindungen der Bahn fortzuschieben. Die Windevorrichtung mit einem Schwung- und Bremsrade an der Kurbel befand sich auf demselben Wagen. Dagegen trug ein zweiter Wagen die Luftpumpe, und diese wurde Anfangs weiter zurückgestellt, beim Sinken der Glocke aber zugleich mit den darauf befindlichen Arbeitern nach und nach weiter vorgerückt, damit der Schlauch, wenn auch nicht scharf gespannt, doch immer nahe ausgezogen blieb, und sonach keine Verschlingung und keine scharfe Biegung darin entstehen konnte. Die Pumpe bestand aus zwei 9 Zoll weiten Stiefeln, die Hubhöhe der Kolben betrug 15 Zoll. Sechs Mann arbeiteten ohne Unterbrechung an der Pumpe, und man sah fortwährend die Blasen in großer Menge an der Stelle vortreten, wo die Glocke versenkt war, indem die Luft so reichlich zugeführt wurde, daß sie unter dem Rande abfloß.

Die Glocke wurde jedesmal in Thätigkeit gesetzt, sobald die Fluth in den Hafen eingelaufen war, weil in dieser Zeit das Wasser die größte Klarheit hatte, und sonach die Arbeiter am besten sehn konnten. Gemeinhin blieb die Glocke zwei Stunden unten, doch wurde die Dauer des Aufenthalts unter Wasser, so oft es nöthig war, ansehnlich und sogar bis auf fünf Stunden ausgedehnt, ohne daß man selbst in diesem Fall für die Arbeiter den geringsten Nachtheil besorgte. Die Glocke hatte für 4 Arbeiter Raum, doch gingen deren jedesmal nur drei herab, weil sie sich sonst bei dem

Versetzen der Steine und den andern hier vorkommenden Verrichtungen gehindert hätten. Diese bestanden aber theils im Planiren des Grundes, also im Bearbeiten des gewachsenen Felsbodens, theils im Lösen der Steinklauen, woran die Werkstücke herabgelassen waren, im Einstellen der letztern, und theils im Füllen der Stosfugen mit Mörtel, während man für die folgenden Steinschichten auch das Mörtelbette unter der Taucherglocke vorbereitete. Die Winde, woran die Werkstücke herabgelassen wurden, stand gleichfalls auf einem Wagen auf derselben Eisenbahn und die Steine wurden damit so sorgfältig versetzt, daß sie gemeinhin durch die in der Taucherglocke herabgehenden Arbeiter nur wenig verschoben werden durften. Uebrigens erstreckte sich die Arbeit unter der Taucherglocke nur auf einige Stein-Schichten, indem die folgenden schon während des niedrigsten Wasserstandes der Ebbe versetzt werden konnten.

In andern Fällen, wie dieses z. B. beim Bau des großen Hafendamms bei Dover geschah, hängt man die Taucherglocke an einen Lauf- oder Rollkrahnen (§ 4), wodurch man Gelegenheit hat, sie nicht nur vor- und rückwärts, sondern auch beliebig seitwärts zu bewegen. Man erreicht hierbei den wesentlichen Vortheil, daß die in der Glocke befindlichen Arbeiter die Signale zur passenden Bewegung der letztern geben, so daß die Glocke genau über dem herabgelassenen Block schwebt. Letzterer wird alsdann an den Haken in der Glocke gehängt, mit ihr gehoben und sehr scharf an die richtige Stelle gebracht. Das Heben des Steins ist aber nicht schwierig, so lange er nicht in die Glocke tritt, sondern ganz im Wasser hängt, wobei er nahe die Hälfte seines Gewichts verliert.

Wenn man mit der Glocke tauchen will, so fährt man in einem Boote unter dieselbe, und nachdem sie soweit herabgelassen ist, daß sie nahe den Rand des letztern berührt, kann man mit Bequemlichkeit hineinsteigen. Beim Einsinken in das Wasser empfindet man, wie schon erwähnt, Ohrenscherzen, die jedoch aufhören, sobald die Luft im Innern des Körpers in dieselbe Spannung wie die äußere versetzt ist. Diese Ausgleichung wird durch kräftiges Athmen, besonders auch durch Gähnen beschleunigt. Bei sehr langsamem Herablassen der Glocke zeigt sich diese Unbequemlichkeit nur in geringem Maasse, besonders wenn man den Körper schon daran gewöhnt hat. Beim Aufsteigen verursacht aber

die Verminderung des Luftdrucks gleichfalls Unannehmlichkeit. Sobald man die größte Tiefe erreicht und einige Minuten daselbst verweilt hat, hört der Schmerz auf. Die Arbeiter sind auch immer sehr bereitwillig, mit der Taucherglocke herabzugehen, da man eine geringe Zulage dafür zu geben pflegt.

Ein großer Vorzug dieser eisernen Taucherglocken liegt darin, daß ein mit dem Hammer dagegen geführter Schlag, selbst aus größrer Tiefe, über dem Wasser deutlich gehört wird. Man kann daher, indem man einmal oder zweimal u. s. w. aufschlägt, leicht diejenigen Zeichen geben, die sich am häufigsten wiederholen. Der einzelne Schlag bedeutet gewöhnlich „mehr Luft“, und das ununterbrochne Anschlagen bezeichnet irgend eine Gefahr, worin sich die Taucher befinden, worauf die Glocke schleunigst aufgewunden wird. Durch zwei, drei, vier Schläge kann man das Zeichen zu leisen Bewegungen aufwärts und abwärts, vor und zurück, rechts und links geben. Für alle andern Fälle dient wieder die Schreibtafel. Der oben stehende Aufseher hat eine dünne Leine um den Arm gebunden und hält außerdem eine zweite in der Hand. Beide sind unter der Wand der Glocke hindurchgezogen. Die erste Leine ist an eine kleine Glocke befestigt und die andre hängt daneben. Will man sich eine Nachricht mittheilen, so schreibt man selbige auf das Täfelchen und befestigt dieses an die zweite Leine. Man zieht zunächst an der ersten, und diese Bewegung, je nachdem sie von den in der Taucherglocke befindlichen Arbeitern oder vom Aufseher ausgeht, fühlt entweder der Aufseher unmittelbar, oder sie läßt die kleine Glocke erklingen, worauf die zweite Leine angeholt und dadurch das Täfelchen mit der Nachricht herübergezogen wird.

Die Taucherglocke ist sehr vielfach angewendet, und an vielen Orten ist dieses jahrelang geschehn, so oft die Witterung es erlaubte. Nichts desto weniger sind nur wenig Unglücksfälle dabei bekannt geworden. Ein solcher ereignete sich in Sheernefs. Beim Senken der Glocke traf nämlich ihr Rand auf einen Pfahl tief unter Wasser. Die Arbeiter irrten sich mit dem Zeichen und gaben nicht das Signal zum Heben, sondern zum weitem Herablassen. Dieses wurde befolgt, die Glocke schlug um und zwei Leute ertranken, während der dritte auftauchte und gerettet wurde. Eine andre Glocke, die man versuchsweise von einem Schiff bei

Blackwall herabliefs, wurde schlecht bedient und wahrscheinlich nicht mit Luft versehen. Als die Gefahr des Erstickens augenscheinlich war, schwamm ein Arbeiter mit grosser Geistesgegenwart unter dem Rande der Glocke hindurch und brachte die Nachricht von der Gefahr, worauf seine Kameraden noch gerettet wurden.

Eine eigenthümliche Gefahr soll beim Herablassen der Glocke in starker Strömung und noch mehr während des Wellenschlags entstehen, indem sie alsdann in heftige pendelartige Schwingungen versetzt wird, und beim Berühren eines felsigen Grundes zerbrechen kann. Unter solchen Umständen darf indessen überhaupt nicht getaucht werden. In Sunderland wurde die Glocke nie herabgelassen, sobald ein stärkerer Ostwind eintrat. Man kann aber jener Bewegung einigermaassen dadurch begegnen, dafs man die Glocke an drei Ketten hängt, deren Befestigungs-Punkte nicht in eine gerade Linie fallen, vielmehr möglichst gleich weit von einander entfernt sind.

§. 56.

Der Taucherschacht.

Sind die Arbeiten nur in geringer Tiefe unter Wasser auszuführen, so läfst sich die Glocke bequem mit einem Schiff verbinden, wodurch ihre Aufstellung sehr vereinfacht wird. Man erreicht dabei auch den Vortheil, dafs man der Glocke bedeutend gröfsre Dimensionen geben, also mehr Arbeiter darin anstellen kann.

Die erste Idee zu einer solchen Verbindung, die man ein Taucherschiff oder einen Taucherschacht nennt, rührt von Coulomb her. Die Academie zu Rouen hatte als Preisaufgabe die Beantwortung der Frage gestellt, wie die Felsen im Bette der Seine bei Quilleboeuf beseitigt werden könnten. Coulomb empfahl bei Lösung dieser Aufgabe im Jahr 1778 ein solches Taucherschiff, dessen Einrichtung den dortigen Localverhältnissen entsprechend, er speciell angab. Der Preis wurde ihm zwar zuertheilt, doch wurde damals von dieser Erfindung kein Gebrauch gemacht. Nichts desto weniger ist die Anordnung, auf die man später vielfach zurückgekommen ist, mit solcher Ueberlegung getroffen, dafs sie nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf, und dieses um so

weniger, als dabei die ununterbrochne Zuleitung von comprimirter Luft vorgesehn wurde, während man damals den Taucherglocken noch die Luft in Fässern zuführte. *)

Fig. 238 auf Taf. XXIX. zeigt die Ansicht des Schiffs mit dem Taucherschacht. Das erste ist 25 Fuß lang, 10 Fuß breit, in der Mitte 13 und an den Enden 10 Fuß hoch. Die beiden äußern Theile sind von dem mittleren durch wasserdichte Wände getrennt, so daß sie nicht nur an sich schwimmen, sondern auch letztern tragen. Der Schacht ist unten offen und oben mit einer luftdicht schließenden Decke versehn. In dieser Decke befinden sich drei Oeffnungen. Eine größere, das Mannloch, dient zum Einsteigen der Arbeiter und wird durch einen Rahmen, in welchen starke Glasscheiben eingesetzt sind, geschlossen. Durch eine zweite Oeffnung tritt eine enge, mit einem Hahn versehne Röhre. Man öffnet den Hahn, um die comprimirte Luft herauszulassen, wenn jener Rahmen bei Beendigung der Arbeit geöffnet werden soll. Eine dritte Oeffnung steht endlich mit einem Blasebalg in Verbindung, der auf der Glocke aufgestellt ist und während der ganzen Arbeitszeit von 6 Mann in Wirksamkeit erhalten wird. Der Aufseher hat seinen Platz auf dem Schacht, und zwar neben den Fenstern, durch welche er die Arbeiter übersieht, auch durch Zeichen oder lautes Sprechen sich mit ihnen verständigen kann. Beim Beginn der Ebbe sollte das Schiff über die zu beseitigenden Felsen gebracht werden, so daß es sich noch vor Eintritt des niedrigsten Wassers auf den Grund stellte. Nunmehr mußten die Arbeiter einsteigen, und nachdem durch die eindringende Luft das Wasser zurückgedrängt, sollten die Verrichtungen beginnen, die so lange fortgesetzt würden, bis die Fluth das Schiff hebt, welches alsdann nach einem sichern Zufluchtsort in der Nähe gebracht werden konnte.

Dieser Vorschlag blieb lange Zeit hindurch unbeachtet, bis er 60 Jahre später mit sehr günstigem Erfolg Anwendung fand.

Der Hafen Croisic, nordwärts von der Mündung der Loire auf einer vortretenden Uferecke belegen, besteht aus einem großen

*) Die Preisschrift ist in den *Mémoires de l'Académie des sciences* 1779 bekannt gemacht, sie wurde auch ins Deutsche übersetzt unter dem Titel: Coulomb's Beschreibung eines Luftkastens. Pesth 1821.

Bassin von 2700 Morgen oder mehr als ein Achttheil Quadratmeile und ist durch eine von Norden ausgehende Landzunge gegen Wellenschlag geschützt. Die Einfahrt unmittelbar neben dem südlichen Ufer war indessen nur zur Zeit des Hochwassers zu benutzen, weil der Granit in unregelmäßigen Kuppen sich stellenweise bis 10 Fufs über Niedrigwasser erhob, und die dazwischen liegenden tiefern Rinnen so enge und gekrümmt waren, daß sie nur beim Aufhören der Strömung, also in der kurzen Zeit der Kenterung des Wassers von größern Schiffen innegehalten werden konnten. Die Strömungen beim wachsenden oder fallenden Wasser waren aber so stark, daß sie zeitweise die Geschwindigkeit von 10 Fufs erreichten. Bei mittlern Springfluthen beträgt der Fluthwechsel 16 Fufs.

Im Jahr 1839 wurde beschlossen, die Einfahrt bis 3 Fufs unter gewöhnlich Niedrigwasser zu vertiefen, wobei 816 Schachtruthen Felsen zu sprengen waren. Es fand sich ein General-Unternehmer für diese Arbeit, der zugleich an der Südseite der neuen Fahrrinne einen Hafendamm ausführen sollte. Letztrer wurde auch ohne Schwierigkeit erbaut, als aber 1841 mit dem Sprengen der Felsen begonnen wurde, ließen gleich die ersten Versuche wenig Erfolg erwarten. Bei den überaus heftig eintretenden Strömungen mußte das Bohren bald unterbrochen werden, und wenn man auch die angefangnen Bohrlöcher beim Aufhören der Arbeit verstopfte, so fand man sie doch später mit Sand und Kies angefüllt. Dazu kam noch der sehr starke Verkehr mit Fischerböten und größern Fahrzeugen, der nur zur Zeit des niedrigsten Wassers aufhörte. Bei unruhiger See konnte aber auch diese Zeit nicht benutzt werden, und wenn es endlich gelang, Schüsse einzubringen, so war die Wirkung derselben sehr geringe, indem bei der klüftigen Beschaffenheit der obern Lagen das Gas vielfache Spalten fand, durch welche es entwich, ohne das Gestein so zu zertheilen, daß man die einzelnen Stücke fassen konnte.

Unter diesen Verhältnissen wurde der Vertrag mit dem Unternehmer aufgehoben und dem Ingenieur de la Gournerie die Ausführung übertragen. Derselbe setzte zunächst die Versuche zum Sprengen in gewöhnlicher Art fort. Gegen die im Anfange der Fluth oder am Ende der Ebbe beim Bohren benutzten Böte wurden aber die Fischerböte durch den Strom getrieben und es entstand eine augenscheinliche Gefahr für die Arbeiter, so daß sich ergab,

man könne im ganzen Jahr nur etwa 10mal bei Niedrigwasser die Bohrungen mit Sicherheit vornehmen. Man stellte eiserne Stangen in die Bohrlöcher und erbaute auf diesen Rüstungen über Wasser, doch auch solche wurden von den gegenstossenden Fahrzeugen bald zerstört, während andererseits die Klagen über Störung und Gefährdung der Schifffahrt allgemein wurden. In dieser Weise setzte man die Arbeit einige Jahre hindurch fort. Der Cubikfuß gelösten und beseitigten Gesteins kostete mit Einschluss der Anlagekosten 1 Thlr. 22 Sgr. Der größte Uebelstand war aber, dass die Arbeit nur überaus langsam fortschritt, also ein andres Verfahren gewählt werden musste.

Die Benutzung der Taucherglocke verbot sich, weil dieselbe mit den Schiffen, woran sie herabgelassen werden sollte, nicht immer schnell genug zu beseitigen war, auch weil nur 2 bis 3 Arbeiter darin angestellt werden konnten. In dieser Verlegenheit ging man zu Coulomb's Taucherschiff über. Manche Aendrun gen wurden während des Gebrauchs darin eingeführt; hier mag dasselbe nur in seiner verbesserten Einrichtung beschrieben werden.

Das Schiff war ganz aus Eisen erbaut, 29 Fufs lang, 13 Fufs breit und 8 Fufs hoch. An beiden Enden war es halbkreisförmig abgerundet. In der Mitte befand sich die Glocke oder der Taucherschacht, der 12 Fufs lang und 9 Fufs breit war. Denselben umgab von allen Seiten ein Ballastraum von 2 Fufs Breite, worin theils der Eisen-Ballast lag, theils aber auch Wasser eingelassen werden konnte. Dieser unten cylindrisch abgerundete Raum trat 1 Fufs unter den Boden des Schiffs vor, so dass er beim Herabsinken sich auf den Felsen aufstellte. Der Taucherschacht ragte 3 Fufs über das Deck des Schiffs hinaus, und in seiner Decke befand sich das Mannloch zum Einsteigen. Der Ballastraum war aber gleichfalls mit einer luftdicht schliessenden Decke versehen.

Sobald das Wasser bei der Ebbe so tief gefallen war, dass die Felsen, auf denen gearbeitet werden sollte, nur noch 7 Fufs unter Wasser lagen, so fuhr das Schiff darüber, und indem man den Wasser-Ballast einliess, so stellte es sich auf den Grund. Da es aber bei der Unregelmässigkeit desselben keinen sichern Stand hatte, auch zu besorgen war, dass es ohne anderweite Unterstützung in nachtheiliger Weise durchbiegen möchte, so wurden an einem Ende 3 und am andern 5 starke eiserne Stangen, die in Führungen

sich auf und ab bewegen ließen, auf den Grund gestellt und festgeschroben. Nunmehr stiegen die Arbeiter, gewöhnlich 9 Mann, durch das bisher noch offene Mannloch in den Schacht, und zwar auf einen Rost, der 4 Fuß unter der Decke und in dieser Zeit gewöhnlich 1 Fuß unter Wasser lag. Sie mußten also zunächst in gebückter Stellung im Wasser stehn, wie letzteres aber herabgedrückt wurde, konnten sie bequem auf dem Roste sitzen. Sobald das Mannloch gehörig verschlossen war, setzte die auf Deck stehende Dampfmaschine die Luftpumpe in Bewegung, und dadurch wurde der Wasserstand gesenkt bis zum untern Rande des Schachtes oder dem Boden der Ballasträume. Der Rost lag 7 Fuß über dem letztern, die Arbeiter konnten also auf dem Felsgrunde aufrecht stehn. Licht empfangen sie durch 16 starke Gläser in der Decke des Schachtes, und dieses drang ziemlich ungeschwächt durch den Rost hindurch. Bei Arbeiten in der Nacht wurden aber 4 Lampen angezündet. Die Arbeitszeit dauerte ungefähr 3 Stunden, und der Aufenthalt im Schacht war keineswegs unbequem oder nachtheilig, da der Ueberdruck nur ungefähr $\frac{1}{4}$ Atmosphäre betrug.

Die Arbeit bestand theils im Lösen und Heben der getrennten Blöcke, und diese wurden auf den Rost gelegt, theils aber im Bohren der Löcher, worin später Patronen eingesetzt werden sollten. Diese Löcher konnte man nunmehr sehr sicher durch passende Stöpsel verschließen.

Stieg das Wasser so hoch, daß die Schifffahrt begann und das Taucherschiff geborgen werden mußte, so begaben sich die Arbeiter wieder auf den Rost. Die comprimirte Luft wurde aber nicht aus dem Schacht frei ausgelassen, sondern man stellte durch Oeffnen eines Ventils die Verbindung des Schachtes mit dem Ballastraum dar, und die hier eintretende Verdichtung der Luft trieb einen großen Theil des in letzterm befindlichen Wassers durch eine Steigeröhre heraus. War dieses geschehn, so pumpte die Maschine den Rest des Wassers aus, während die gehobnen Steine, auch wohl, wenn es nöthig war, der Eisen-Ballast, in Lichter-Fahrzeuge gebracht wurde, um das Schiff möglichst zu erleichtern.

Die Patronen mit der Pulverfüllung wurden nicht im Schacht eingesetzt, sondern während des niedrigen Wassers zur Zeit der Springfluth, wo dieses sich leicht aus freier Hand thun ließ, und alsdann wurden alle Schüsse in den Löchern, die in der Zwischen-

zeit gebohrt waren, möglichst gleichzeitig entzündet. Der Granit bildete in grösserer Tiefe eine mehr compacte Masse. Ohne Rücksicht auf die Anschaffung des Taucherschiffs kostete dabei die Beseitigung von 1 Cubikfuß Felsen durchschnittlich nur $7\frac{1}{2}$ Sgr. *)

Bei Erbauung des grossen Wehrs im Nil, an der Stelle, wo der Strom sich in die beiden Arme spaltet, die bei Rosette und Damiette ihren Abfluss finden, wurde etwa 10 Jahre später ein Taucherschiff benutzt. Dasselbe diente zur Ausführung des Mauerwerks. Es hatte viel grössere Dimensionen und war auch mit manchen neuen Einrichtungen versehen, welche die Benutzung wesentlich erleichterten. Das Schiff war 105 Fuß lang und 33 Fuß breit. Der Schacht, der 400 Quadratfuß im horizontalen Querschnitt hielt, war nicht mit dem Schiffe fest verbunden, sondern konnte bis 15 Fuß unter den Boden desselben versenkt werden. Um ohne Unterbrechung der Arbeit die nöthigen Materialien hineinzubringen, und um zugleich den Ein- und Ausgang für Personen zu ermöglichen, war er mit einer Luftschleuse versehen, wie solche im ersten Theil dieses Handbuchs § 8 und § 50 beschrieben ist. In diesem Schacht befanden sich zuweilen gleichzeitig bis vierzig Arbeiter. **)

Auch bei den Sprengungs-Arbeiten am Rhein im Coblenzer Regierungs-Bezirk, von denen oben (§ 53) die Rede war, werden beständig mehrere Taucherschiffe oder vielmehr solche Fahrzeuge benutzt, die mit einem Taucherschacht versehen sind. In ihrer Construction und Anordnung haben sie nach und nach manche Aendrun gen erfahren. Das neuste derselben, dessen Maschine nebst sonstigen Eisentheilen in der Kühnle'schen Maschinenfabrik in Frankenthal erbaut wird, ist Taf. XXXI. Fig. 246 *a* in der Seitenansicht, *b* in der Ansicht von oben und *c* im Querschnitt durch die Mitte des Schachtes dargestellt.

Das in Holz gebaute flache Fahrzeug ist 90 Fuß lang, 18 Fuß breit und in der Mitte mit einer quadratischen, rings umher wasserdicht abgeschlossnen Oeffnung versehen, in welcher der Schacht hängt und beliebig gehoben und gesenkt werden kann.

*) Vorstehende Mittheilungen sind entnommen aus den *Annales des ponts et chaussées*. 1848. I. pag. 261.

**) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1858 Jahrgang XXIII. Seite 109.

Zur Feststellung des Schiffs dienen drei Ankerwinden, die auf dem Vordertheil stehn, und von denen zwei die Taue der seitwärts ausgebrachten Anker anspannen, während mässige Seitenbewegungen durch das Ruder ertheilt werden können. Die passende Stellung wird durch seitwärts ausgebrachte Schurbäume gesichert. Ein starkes hölzernes Gerüst, dessen Construction sich aus der Zeichnung ergibt, trägt den Schacht, und hinter demselben steht ein leichtes Gebäude, worin sich die Dampfmaschine, die Pumpe, das Räderwerk und eine kleine Werkstatt befinden.

Der Schacht, den Fig. 247 *a* im verticalen und *b* im horizontalen Querschnitt in grösserm Maassstabe zeigt, ist in cylindrischer Form aus starkem Eisenblech zusammengenietet. Seine Höhe misst in der Seitenfläche 21 Fufs und sein Durchmesser $10\frac{1}{2}$ Fufs. Seine Decke, die ein Kugel-Segment bildet, erhebt sich in der Mitte 9 Zoll über den Rand. Der Fufs wird durch eine starke kreisförmige Schiene gebildet, an welche die Bleche ange-nietet sind.

6 Fufs unter der Decke befindet sich ein horizontaler Boden, der nur die Einsteige-Oeffnung in den untern Theil des Schachtes offen läßt. Ueber demselben sind zwei von einander getrennte Luftschleusen angebracht. Jede derselben ist mit je zwei einander gegenüberstehenden, luftdicht abzuschliessenden Thüren von 4 Fufs Höhe und $1\frac{3}{4}$ Fufs Breite versehen. Im obern, wie im untern Raum befinden sich mehrere mit starkem Glase geschlossene kreisrunde Oeffnungen, welche in der Regel das erforderliche Licht einlassen. Eine senkrecht stehende Leiter führt bis zum Grunde herab, und der Leiter gegenüber kann unten noch eine Klappe niedergeschlagen werden, die wenig über dem Wasser schwebt. Ausserdem sind darüber zwei starke Stangen hindurchgezogen, auf welche nach Bedürfniss Bretter gelegt werden, um darauf die ausgehobnen Steine abzulegen.

Ueber die Mittellinie des Schachtes ist ein starker eiserner Träger genietet, der sich zu beiden Seiten noch etwas fortsetzt, wie Fig. 246 *c* zeigt. An diesen sind die zwei Ketten befestigt, woran der Schacht hängt, und woran er auch, wenn er mit Luft gefüllt ist, tiefer in das Wasser herabgezogen werden kann. Damit er aber im letzten Falle sich nicht schräge stellt und aufschwimmt, so sind noch, wie Fig. 247 *b* zeigt, an zwei gegenüber-

stehenden Seiten je zwei mit vortretenden Rändern versehene Schienen angelenket, die von den Rillen der in Fig. 246 *a* dargestellten und an der Rüstung befestigten Rollen gefaßt werden. Auf diese Art wird der Schacht in jeder Höhe sicher gehalten.

Eine der erwähnten Vaucansonschen Ketten, deren Glieder abwechselnd aus einer und zwei Scheiben bestehn, ist Fig. 246 *a* durch die starke Linie bezeichnet. Sie ist über drei Räder geführt, woran sich die Daumen befinden, welche in die Glieder eingreifen. Das eine dieser Räder befindet sich im Maschinengebäude und wird mittelst zweier Vorgelege übereinstimmend mit demjenigen an der andern Seite liegenden durch die Dampfmaschine in einer oder der andern Richtung gedreht, wobei der Schacht sich langsam hebt oder senkt. Die beiden andern Rollen dienen nur zur Ueberführung der Kette, sind aber gleichfalls mit Daumen versehen, welche in die Glieder eingreifen.

Ueber die Luftpumpe, die von der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, ist nichts zu erwähnen. Die comprimirte Luft tritt auf der Giebelseite des Hauses unter dem First durch einen flexiblen Schlauch den Luftschleusen gegenüber in den obern Theil des Schachts. Vor der Ausströmungs-Oeffnung befindet sich ein Ventil, das sich nur öffnet, wenn der Druck der zugeführten Luft stärker ist, als der im Schacht eingeschlossnen.

Die Arbeiter treten von dem Vordertheil des Fahrzeugs mittelst angestellter Leitern durch die Luftschleusen in den Schacht. Letzterer wird bis auf den Grund herabgelassen, doch trifft er nicht immer auf die passende Stelle, wo der Felsen bereits gesprengt ist. Er wird alsdann wieder etwas gehoben und das Fahrzeug nach den Signalen der Arbeiter vor oder rückwärts oder seitwärts bewegt, bis die zu hebenden Steine sich in der Mitte des Schachtes befinden. Man läßt aber den Schacht gemeinhin nicht unmittelbar auf dem Grunde aufstehn, sondern hebt ihn etwas, so daß er wenig darüber frei schwebt, weil er sonst auf den scharfen Steinen bei den unvermeidlichen Bewegungen leicht beschädigt werden könnte. Von den abgesprengten Steinen liegen gewöhnlich nur einzelne so frei, daß man sie unmittelbar abheben kann, der größte Theil ist zwischen die umgebende Felsmasse noch fest eingeklemmt, und man muß mit Brechstangen die Stücke herauswuchten. Oft sind diese auch so schwer, daß sie sich nicht bequem forttragen

lassen, in welchem Falle sie noch zerschlagen werden müssen. Zunächst werden die ausgehobnen Steine auf die erwähnten Bretter gelegt, sodann auf den obern Boden des Schachtes und von hier in eine der Luftschleusen getragen, von wo man sie auf das Deck des Fahrzeugs bringt. Eine auffallende Erscheinung ist es, daß der Strom von der abgesprengten Masse nichts fortführt. Die am Ufer aufgeschachteten Steine stellen nach Abzug der darin befindlichen Zwischenräume sehr genau die im Strombett ausgehobne Masse wieder dar.

Zu den Taucher-Apparaten muß endlich noch eine Vorrichtung gezählt werden, die Thunberg beim Bau des Hafens von Carlsrona benutzte, mittelst deren man gleichfalls bis 20 Fuß tief herabsteigen und die Untersuchung des Meeresgrundes, so wie der unter Wasser ausgeführten Arbeiten vornehmen konnte. Dieser Apparat ist aber wesentlich von den Taucher-Apparaten verschieden, indem der verschloßne Raum durch einen wasserdichten Boden vom Meeresgrunde getrennt bleibt, und die Luft, die ihn füllt, mit der Luft an der Oberfläche des Wassers in Verbindung steht, und daher nicht stärker als diese gespannt ist. Ein hohes Faß ist unten mit einem Boden und über demselben mit Oeffnungen versehen, in welche Glasscheiben eingesetzt sind, wie Fig. 241 *a* in der Seitenansicht und im Durchschnitt und *b* im Grundriss zeigt. Seine ganze Höhe maas 23 Fuß und seine lichte Weite nahe 3 Fuß. Es war in gewöhnlicher Art aus hölzernen Dauben zusammengesetzt und mit starken eisernen Reifen umgeben. Zum Herabsteigen diente eine Leiter im Innern, deren Sprossen an die Wände genagelt waren. Nahe 4 Fuß über dem Boden waren vier starke Glasscheiben von der Gröfse eines Thalerstücks eingesetzt, durch welche man rings umher die Untersuchung vornehmen konnte. Der Apparat liefs sich indessen ohne Anwedung schwerer Gewichte weder tief versenken, noch auch sicher in der senkrechten Stellung erhalten. Zu diesem Zweck waren am untern Ende zwei starke Felgenkränze darumgelegt, zwischen welchen der in passender Form gegofsne Eisenballast eingefügt wurde. Dieser wurde aber durch eine zweite Wand gehalten, die wieder aus Faßdauben bestand. Letztre war nur durch umgewundne Taue verbunden, da ein wasserdichter Verschluss hier entbehrlich war. Der Ballast wog gegen 8000 Pfund, doch legte man einen Theil desselben flach

auf den Boden, um nach Beendigung der Untersuchung den Apparat soweit zu erleichtern, daß er sich hob und schwimmend auf eine andre Stelle gebracht werden konnte.

Thunberg benutzte zu gleichem Zweck noch ein andres Instrument, das auch später vielfache Anwendung gefunden hat. Dieses ist das sogenannte Wasser-Fernrohr, mit welchem man gleichfalls, jedoch nur in mäßiger Tiefe, die Untersuchung des Grundes und anderer Gegenstände unter Wasser vornehmen kann. Das Wasser ist nicht leicht so klar, daß man ohne besondere Apparate hindurchsehn und in einiger Tiefe noch die Gegenstände deutlich erkennen kann. Zuweilen ist dieses allerdings der Fall. So wird man beim Befahren der Seen, welche durch Gletscherwasser gespeist werden, überrascht von der Durchsichtigkeit des Wassers. Auf dem Königs-See im Salzburgschen kann man zuweilen die Felsufer tief unter Wasser deutlich verfolgen und ihre Formen genau erkennen. Auch der Ocean besitzt, wenn er lange Zeit hindurch nicht durch Stürme aufgeregt war, diese Klarheit, so daß man herabgeworfne Gegenstände, die niedersinken, mehrere Minuten hindurch in allen ihren Bewegungen deutlich wahrnehmen kann. Die Ströme, und namentlich die Gebirgsströme, die zur Zeit der Dürre aus klaren Bächen gespeist werden, lassen häufig in der Tiefe von 3 bis 5 Fuß noch deutlich den Grund erkennen. In der Saar ist diese Erscheinung sehr gewöhnlich, auch in der Mosel und Ruhr bemerkt man sie zuweilen.

Im Allgemeinen kann man indessen ohne besondere Apparate gar nicht, oder doch nur in sehr mäßiger Tiefe die unter Wasser befindlichen Gegenstände erkennen. Zum Theil rührt dieses davon her, daß das Auge bei dem starken Licht, welches es aufnimmt, für die schwachen Eindrücke der weniger erleuchteten Gegenstände nicht empfänglich ist. Man kann aber leicht diese Empfänglichkeit wieder herstellen, wenn man das starke Licht der nächsten Umgebungen abschließt. So gelingt es häufig, deutlich im Wasser zu sehn, wenn man nur irgend eine Röhre mit dem untern Ende ins Wasser taucht und das Auge dicht über die Oeffnung legt. So lange das Auge noch von den frühern Eindrücken geblendet ist, sieht man freilich wenig, aber etwa nach einer Minute treten die Gegenstände scharf hervor. Ich habe auf diese Weise häufig bis auf 12 Fuß Wassertiefe den Grund am Rande der Ostsee deut-

lich sehn können, während es unmöglich war, ohne die Röhre irgend einen Gegenstand zu unterscheiden.

Das Wasser muß indessen schon sehr klar sein, wenn dieser Versuch gelingen soll, denn alle Körper, die im Wasser schwimmen, wie fein sie auch sein mögen, werden erleuchtet und absorbiren das Licht so stark, daß es in geringer Tiefe nicht mehr hinreichende Stärke hat, um die Gegenstände erkennen zu lassen. Ein andres, viel kräftigeres Mittel zur Erleichterung des Sehns unter Wasser besteht sonach darin, daß man Letztres nicht in die Röhre hineintreten läßt, durch welche man hindurchsieht, und zwar wird der Erfolg um so vollständiger sein, je dünner die übrig bleibende Wasserschicht ist, welche der Lichtstrahl durchdringen muß. Hierauf beruht die Einrichtung des Wasser-Fernrohrs. Thunberg construirte es aus Holz, wie Fig. 242 zeigt. Am untern Ende war es durch eine luftdicht eingesetzte, starke und reine Glasscheibe geschlossen, damit diese aber nicht etwa beim Gebrauch auf irgend einen Gegenstand gestossen und beschädigt würde, traten drei an das Rohr angebundene hölzerne Arme vor die Scheibe vor. Zum Herablassen diente endlich ein schwerer Bleiring.

Wenn man das Wasser-Fernrohr in strömendem Wasser benutzen will, so kann man es nicht füglich an dem über das Wasser vortretenden Theil sicher festhalten, man muß alsdann noch zwei an Charnieren befestigte Lenkstangen am untern Ende anbringen und diese durch zwei Arbeiter halten lassen. Diese Stangen müssen sich aber in zwei Ebenen bewegen, die sich nahe rechtwinklig schneiden.

Man pflegt gegenwärtig das Wasser-Fernrohr aus Blech zu construiren. In Frankreich hat man dabei noch die Aenderung eingeführt, daß die Glasscheibe nicht unten, sondern oben eingesetzt wird. Die geringre Gröfse, welche sie in diesem Fall erhält, ist zwar ein Vorzug, dagegen tritt hierbei das Wasser von unten in die Röhre und füllt sie zum Theil an, wodurch die Deutlichkeit leidet.

Zehnter Abschnitt.

Schiffahrts-Anlagen.

Die erste Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1791 in die Bibliothek gekommen sind.
Die zweite Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1792 in die Bibliothek gekommen sind.
Die dritte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1793 in die Bibliothek gekommen sind.
Die vierte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1794 in die Bibliothek gekommen sind.
Die fünfte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1795 in die Bibliothek gekommen sind.
Die sechste Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1796 in die Bibliothek gekommen sind.
Die siebente Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1797 in die Bibliothek gekommen sind.

Verzeichnis der Bücher

Schiffahrt-Anlagen

Die erste Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1798 in die Bibliothek gekommen sind.
Die zweite Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1799 in die Bibliothek gekommen sind.
Die dritte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1800 in die Bibliothek gekommen sind.
Die vierte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1801 in die Bibliothek gekommen sind.
Die fünfte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1802 in die Bibliothek gekommen sind.
Die sechste Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1803 in die Bibliothek gekommen sind.
Die siebente Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1804 in die Bibliothek gekommen sind.
Die achte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1805 in die Bibliothek gekommen sind.
Die neunte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1806 in die Bibliothek gekommen sind.
Die zehnte Abtheilung enthält die Bücher, welche
im Jahre 1807 in die Bibliothek gekommen sind.

§. 57.

Die Flussschiffahrt.

Die Regulirung der Ströme hat häufig und sogar in den meisten Fällen keinen andern Zweck, als die Erleichterung und Ausdehnung des Schiffahrts - Betriebes. Es ist daher von den Erfordernissen der Schiffahrt bereits die Rede gewesen (§ 20), doch gehören dazu auch andre Anlagen und bauliche Ausführungen, die der eigentlichen Stromregulirung fremd sind, und daher besonders behandelt werden müssen.

Die Wichtigkeit der Flussschiffahrt bedarf keiner nähern Auseinandersetzung. Die Ströme sind natürliche Strafsen, die das Binnenland mit dem Meer verbinden, Die Kosten der Anlage und Unterhaltung der Stromregulirungswerke sind oft allerdings sehr bedeutend, aber gemeinhin stellen sie sich als geringfügig heraus, wenn man sie mit denen der sonstigen Communications-Mittel vergleicht.

Der Umstand, daß die Schiffe, welche dem Strom folgen oder in der Thalfahrt begriffen sind, keiner äußern Kraft zu ihrer Bewegung bedürfen, ist nicht immer als Vorthail zu betrachten, denn ihre Zurückführung gegen den Strom oder die Bergfahrt ist aus demselben Grunde um so beschwerlicher. Dazu kommt noch der Uebelstand, daß das Schiff, welches mit dem Strom treibt, sich nur wenig schneller bewegt, als das umgebende Wasser (§ 16), und daher die Wirkung des Steuers sehr gering bleibt, so daß scharfe Wendungen mit alleiniger Benutzung desselben sich nicht ausführen lassen. Soll es daher in der Thalfahrt durch ein gekrümmtes Fahrwasser geführt werden, so muß man andre Mittel benutzen, die theils großen Kostenaufwand erfordern, theils aber sehr zeitraubend sind.

Der Nachtheil des erschwerten Zuges bei der Bergfahrt verschwindet grossentheils in denjenigen Fällen, wo die Frachten sich nur in der Richtung des Stroms bewegen, oder die Schiffe leer heraufgehn. Dieses ist im Verkehr mit mineralischen Producten der gewöhnliche Fall. So gehn die Steinkohlen auf der Ruhr und Saar und das Salz auf der Traun immer stromabwärts. Auch Getreide, Holz und andre rohe Producte bewegen sich gemeinhin in der Richtung des Stroms oder nach dem Meer hinab. Das Holz wird aber in den meisten Fällen gar nicht in Schiffe verladen, sondern schwimmt zu Flössen verbunden, oder lose in einzelnen Scheiten den Fluß herab. Die Bergfahrt besteht im letzten Fall gar nicht. Doch auch beim Transport des Getreides tritt bei rohem Schiffahrtsbetriebe und auf grossen Strömen nicht selten ein ähnliches Verhältniß ein. Getreide, Hanf, Oel und andre Producte, die auf der Weichsel und auf dem Memelstrom aus Rußland nach den Preussischen Ostseehäfen herabkommen, sind grossentheils auf Fahrzeugen verladen, welche nur eine einzige Fahrt machen, und sobald sie den Seehafen oder die Grenze der Seeschiffahrt erreicht haben, zerschlagen und als Brennholz oder Bauholz verkauft werden. Auf der Düna geschieht dasselbe und zum Theil auch auf dem Mississippi.

Das wichtigste Erforderniß der Schiffahrt ist eine genügende Wassertiefe, und die Wohlfeilheit der Frachten ist vorzugsweise durch sie bedingt. Die Anlage- und Betriebskosten für grössre und kleinre Schiffe sind allerdings sehr verschieden, aber keineswegs in demselben Verhältniß, wie ihre Tragfähigkeit abnimmt. Daher kann ein grössres und tiefer beladnes Schiff wohlfeiler transportiren, als ein kleinres, und man muß bei der Schiffbarmachung eines Stroms immer von der Absicht ausgehn, die Anwendung möglichst grosser und möglichst tief gehender Schiffe zu befördern. Es kommt hierbei aber natürlich nicht auf einzelne kürzere Strecken an, denn der Vortheil verschwindet, wenn stellenweise umgeladen, oder ein selten wiederkehrender höherer Wasserstand abgewartet werden muß. Es ist vielmehr nothwendig, daß auf dem ganzen Wege, welchen die Producte oder Waaren zurücklegen, ohne Ausnahme die erforderliche Wassertiefe vorhanden.

Auf den meisten Strömen findet die Schiffahrt bei gewissen höhern Wasserständen keine Hindernisse, wohl aber treten solche

zur Zeit der anhaltenden Dürre ein. Zuweilen ist alsdann der Schiffahrtsbetrieb auch ganz unterbrochen, wie auf der obern Ruhr und der Saar unterhalb Saarbrücken. In manchen Fällen und namentlich, wenn es mehr auf wohlfeile, als auf schnelle Beförderung ankommt, pflegen die Schiffer auch bei kleinem Wasser große Ladungen anzunehmen und höhere Wasserstände abzuwarten, weil ohnerachtet der längren Dauer der Reise dennoch die Transportkosten sich dabei billiger stellen.

Die höchsten Wasserstände, wenn sie auch nicht mit Eisgängen zusammentreffen, sind für die Schiffahrt nicht nutzbar. Die Bergfahrt wird dabei durch die starke Strömung und durch die Ueberfluthung der Leinpfade sehr erschwert, und die Thalfahrt ist alsdann nicht nur wegen der Heftigkeit des Stroms, sondern auch wegen der weiten Verbreitung der Inundation mit vielfachen Gefahren verbunden, besonders, wenn die Ufer überfluthet werden und man das eigentliche Strombett nicht mehr mit Sicherheit erkennen kann. Auch wird das Anhalten der Schiffe und das Anlegen derselben an die Ufer alsdann so beschwerlich und unsicher, daß man schon aus diesem Grunde sie dem Strom nicht überlassen mag. Nur Dampfschiffe, deren Maschinen kräftig genug sind, um den Strom zu überwinden, setzen, wenn auch nicht beim allerhöchsten Wasser, doch während sehr hoher Wasserstände noch die Fahrten fort.

Im Allgemeinen ist die Schiffahrt wegen der zulässigen stärkern Ladung am vortheilhaftesten, wenn der Strom nahe bordvoll ist, oder die Ufer so eben noch trocken sind. Man darf aber nicht voraussetzen, daß die Schiffe in gleichem Maasse um so tiefer beladen werden dürfen, als das Wasser steigt. Die stärkere Strömung erlaubt nicht mehr das genaue Einhalten der tiefsten Rinne, und oft verflacht sich diese auch bei bem höhern Wasser. Gemeinhin stellt sich das Verhältniß annähernd in der Art heraus, daß bei dem Steigen des Wassers um einen Fuß, der Tiefgang der Schiffe um 9 Zoll vergrößert werden darf.

Auf nicht regulirten Strömen sind die Schiffe gemeinhin übermäßig stark gebaut, auch wohl mit doppelten Böden versehen, um beim Festfahren auf Sand- und Kiesbänke und beim Aufstoßen gegen Steine und Baumstämme nicht leck zu werden. Sobald durch Strom-Regulirung diese Gefahr beseitigt oder wesentlich

vermindert ist, hört auch das Bedürfnis der schweren Bauart auf und leichtere Schiffe finden Eingang, die an sich weniger tief eintauchen, und bei gleichem Tiefgang mehr laden, als die ältern. Die sogenannten Böcke, die in früherer Zeit auf der Weser ausschließlich benutzt wurden und auch jetzt noch daselbst im Gebrauch sind, tauchen leer 15 bis 18 Zoll, oder durchschnittlich 16 Zoll ein, und laden auf jeden Zoll Einsenkung etwa $1\frac{4}{5}$ Last. In neuerer Zeit hat dagegen eine andre Bauart Eingang gefunden, welche derjenigen der Lippe-Schiffe ähnlich ist. Letztere unterscheiden sich von den Böcken besonders durch grössere Breite und leichtern Bau. Sie gehen leer nur 10 Zoll tief und laden auf jeden Zoll Einsenkung ungefähr $2\frac{2}{3}$ Last. Bei der Einsenkung von 3 Fuß konnten daher die alten Schiffe nur 36 Last laden, während die neuern mit 62 Last befrachtet werden.

Durch Regulirung eines Stroms wird abgesehn von der Vertiefung des Fahrwassers noch auf andre Art die Vergrößerung der Ladungen zulässig. Eine stark gekrümmte und dabei zugleich enge Rinne kann nicht mit Sicherheit verfolgt werden. Namentlich ist dieses während der Thalfahrt der Fall, aber auch bei der Bergfahrt ist der Schiffer oft nicht im Stande, die tiefste Rinne inne zu halten, wenn dieselbe stark von der Richtung des Leinenzuges abweicht. Damit nämlich die Leine, die immer in derjenigen Richtung zieht, in welcher sie gespannt ist, das Schiff nicht gegen das Ufer treibt, muß das Steuerruder soweit umgelegt werden, daß das Schiff in jedem Augenblicke sich eben soweit vom Ufer entfernt, als es durch die Leine herangezogen wird. Hierdurch nimmt es häufig eine sehr schräge Stellung gegen den Strom an, die nicht nur einen verstärkten Zug bedingt, sondern auch eine große Breite des Fahrwassers erfordert, die oft nicht vorhanden ist. Dabei ist noch der Umstand von großer Wichtigkeit, daß das Schiff in solchem Fall durch die am Mast befestigte Leine sich seitwärts neigt. Der flache Boden, der beim freien Schwimmen horizontal ist und daher an beiden Seiten sich in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel befindet, neigt sich zugleich mit dem Schiff stark seitwärts und taucht an der Seite, welche dem Leinpfade zugekehrt ist, 4 bis 6 Zoll tiefer ein, als bei horizontaler Lage. Hierdurch erklärt es sich, daß die Schiffer auf nicht regulirten Strömen die

Fahrzeuge weniger tief beladen, als die vorhandne Wassertiefe zu gestatten scheint.

Wird sonach die Regulirung eines bisher sich selbst überlassenen Stroms vorgenommen, so vergrößert sich der nutzbare Tiefgang der Schiffe in dreifacher Beziehung. In Folge der verbesserten Bauart der Schiffe und der Richtung der Fahrrinne gewinnt man oft einen vollen Fuß, und wenn außerdem die Wassertiefe in der Fahrrinne sich noch vergrößert, und auf den flachsten Stellen vielleicht um einen halben Fuß zunimmt, so stellt sich ein Resultat heraus, welches den entschiedensten Einfluß auf die Schiffahrt und die Frachtsätze äußert. Der erste Beginn einer Stromregulirung pflegt auch gemeinhin zu günstigen und zuweilen sogar zu überraschenden Erfolgen zu führen. Doch haben diese im Allgemeinen ihre sehr bestimmten Grenzen und lassen sich nicht entfernt so weit ausdehnen, als die Anforderungen des Publicums gehn. Die Wassermenge, die der Strom abführt, läßt sich nicht vergrößern, woher die Darstellung und Erhaltung beliebiger Tiefen durch die Strömung unmöglich ist (§ 20).

Die hinreichende Tiefe ist indessen nicht das einzige Erforderniß eines sichern und bequemen Fahrwassers. Außerdem muß dasselbe gehörige Breite haben und von scharfen Krümmungen frei sein. Endlich aber dürfen darin keine zu starke Stromschnellen vorkommen. Nicht selten vereinigen sich an einzelnen Stellen diese sämtlichen Mängel, und die Abhülfe ist alsdann am dringendsten. Wenn die seitwärts eintretenden Nebenflüsse vor ihren Mündungen hohe Sand- und Kiesbänke aufwerfen, so ist die Fahrrinne bei kleinem Wasser gemeinhin gekrümmt und flach, und oft auch sehr schmal. In Folge dieser Beschränkung des Profils kann die ganze Wassermenge des Stroms nicht hindurchfließen, ohne davor hoch anzuschwellen, bis die entsprechende Geschwindigkeit sich darstellt. Auf diese Art entsteht das starke Gefälle und die heftige Strömung, wodurch die Bergfahrt erschwert und die Thalfahrt gefährdet wird. Besonders wird die Gefahr sehr groß, wenn Felsbänke in solchen Stromschnellen liegen oder felsige Ufer vortreten. Es ist bereits oben (§ 27) erwähnt worden, wie unter solchen Umständen für Erleichterung der Schiffahrt gesorgt werden kann. Dabei ist jedoch immer auf die passende Lage des Leinpfades Rücksicht zu nehmen.

In manchen Fällen stellt man den zum Schiffahrts-Betrieb, und zwar vorzugsweise für die Thalfahrt, erforderlichen Wasserstand nicht dauernd, sondern nur für sehr kurze Zeit dar, indem aus dem Oberwasser einer Mühle oder einer sonstigen Stau-Anlage plötzlich ein starker Erguß erfolgt, der eine hohe Fluthwelle erzeugt. Diese hebt die zur Abfahrt bereit liegenden Schiffe, und indem sie stromabwärts fortschreitet, so reißt sie die Schiffe mit sich, und letztere finden die erforderliche Fahrtiefe, so lange sie sich auf dem Scheitel der Fluthwelle halten.

Zur Erleichterung der Holzflösserei sind dergleichen künstliche Anschwellungen auch in Deutschland üblich, in manchen Gegenden beruht darauf die Flösserei sogar ausschliesslich. Im Schiffahrts-Interesse ist dieses Verfahren bei uns ziemlich selten, weil dessen Benutzung nur unter besondern Umständen möglich ist. Zunächst muß nämlich der Frachtverkehr nur stromabwärts gerichtet sein, sodann muß eine Stau - Anlage bestehn, durch welche man bei kleinem Wasser die Zuflüsse ansammeln und plötzlich dem Strom zuweisen kann, auch muß das Bett in der ganzen zu befahrenden Strecke ziemlich geschlossen bleiben, da bei großer Verbreitung desselben die Anschwellung nicht mehr die erforderliche Höhe erreichen würde. In Preußen giebt es ein Beispiel von dieser Art des Schiffahrts-Betriebs. Die Berkel ist von Vreden bis zum Niederländischen Grenze so unbedeutend, daß man ihre Beschiffung kaum für möglich halten sollte. Der gänzliche Mangel an fahrbaren Straßen und der Werth der nach Holland in großer Menge gehenden Waaren, vorzugsweise Töpferwaaren, die in Vreden und der Umgegend fabricirt werden, haben indessen seit langer Zeit das in Rede stehende Mittel versuchen lassen, und es wird von demselben regelmäßig mehrmals im Jahre Gebrauch gemacht. In neuerer Zeit ist durch die Anlage einer Stauschleuse der Verkehr etwas erleichtert. Ich will mit der Beschreibung des früher hier üblichen Verfahrens den Anfang machen, doch ist es nothwendig, die localen Verhältnisse, soweit sie hierbei in Betracht kommen, vorher anzudeuten.

Bei Vreden liegt eine bedeutende Mühle, die von der Berkel betrieben wird und etwa 12 Fuß hoch das Wasser aufstaut. Weiter unterhalb, bis zur Niederländischen Grenze, befindet sich keine Mühlen-Anlage an diesem Fluß. Das Bett der Berkel ist 16 bis

20, stellenweis auch wohl 24 Fufs breit und, wo es nicht höhere Ufer berührt, etwa 3 Fufs im Wiesengrund eingeschnitten. Der gewöhnliche Wasserstand darin beträgt weniger als 1 Fufs und stellenweise mißt die Tiefe nur einige Zolle. Für die Regulirung des Flusses war bisher nichts geschehn, woher derselbe fortwährenden Veränderungen unterworfen blieb. Die Ufer sind überall sandig. Sobald der Anfall des Stroms sie trifft, stürzen sie ein, aber in gleichem Maasse bildet sich gegenüber auch Verlandung, woher die Breite keine dauernde Veränderung erleidet. Die Niederländische Grenze ist etwa $1\frac{1}{2}$ Meilen von Vreden entfernt, und das Gefälle beträgt für diese Strecke nahe 40 Fufs. Nicht weit unterhalb der Grenze bei Eiberge befindet sich eine Stauschleuse, welche bis zur Landesgrenze zurückstaut, woher die Schiffe von hier ab hinreichendes Fahrwasser antreffen.

Die Schiffe sind ziemlich roh mit senkrechten Seitenwänden und in derselben Form gebaut, wie man sie in den südlichen Provinzen von Holland auf kleinen Gewässern gewöhnlich sieht. Sie sind ohne das Steuer 36 Fufs lang, an der Stelle, wo der Mast steht, 7 Fufs breit, doch ist die Breite der hintern Hälfte bedeutend geringer. Sie tauchen, wenn sie beladen sind, etwa 2 Fufs tief ein und laden alsdann gegen 200 Centner.

Diese Fahrzeuge hebt man, nachdem sie zur Zeit des höheren Wassers bis Vreden zurückgebracht sind, aus dem Flußbett, und stellt sie neben demselben auf den Wiesengrund auf. Sie werden hier beladen, da sie im Flußbett doch nicht schwimmen würden, und sonach daselbst mehr, als auf der Wiese leiden könnten, wo man für ihre gleichmäßige Unterstützung sorgen kann. Sobald dreißig bis vierzig Schiffe in dieser Weise beladen sind, wird dem Müller das Wasser einer Schleusung abgekauft. Er öffnet an dem zur Abfahrt bestimmten Tage Morgens die Freiarche und läßt etwa eine Stunde hindurch das Oberwasser abfließen. Am Abend vorher begeben sich alle Schiffer, deren Zahl nur halb so groß ist, als die der Schiffe, an eine nicht weit abwärts belegne Stelle des Flufsthals, wo dasselbe besonders enge ist und zu beiden Seiten von höhern Ufern eingeschlossen wird. Diese Stelle des Thals wird gesperrt. Eine Bohle, die man auf die hohe Kante legt, schließt zuerst das Bett. Rasen werden zu beiden Seiten dagegen gepackt, und wenn die Packung hinreichende Höhe hat, so legt

man auf die erste Bohle eine zweite, packt wieder Rasen davor und schüttet auch wohl Sand dagegen, bis man einen Damm von 5 bis 6 Fuß Höhe dargestellt hat, der nicht nur das Flußbett, sondern auch das Thal sperrt. Indem der Abfluß des Wasser auf solche Art gehemmt wird, so fängt schon während der Nacht einige Stauung an, doch erreicht sie erst die nöthige Höhe, wenn am Morgen die Schütze der Freiarche geöffnet werden. Die ganze Wiese bis zum Damm verwandelt sich in einen See, und die Schiffe, die darauf stehn, fangen an zu schwimmen. Man schiebt sie möglichst schnell und möglichst nahe zusammengedrängt gegen den Damm, und sobald sie sich demselben nähern, wird er durchstoßen und von dem überstürzenden Wasser auch sogleich zerstört. Der heftige Strom, der sich bildet, reißt die Schiffe mit sich fort, und es kommt darauf an, sie immer im Treiben und im stärksten Strom zu erhalten. Ein Schiff, das vielleicht festfährt, ist gewöhnlich nicht mehr schnell genug flott zu machen, es wird daher sogleich verlassen und bleibt auf der trocknen Wiese stehn, bis es nach mehreren Wochen oder Monaten bei der nächsten Schleusung seine Reise fortsetzen kann.

Aehnlich ist der Schiffahrtsbetrieb auf manchen kleinen Flüssen in Frankreich, doch wird derselbe hier durch die beweglichen Wehre wesentlich erleichtert. Letztere sind in solchen Abständen von einander ausgeführt, daß der Stau eines jeden die für leere Schiffe erforderliche Tiefe in der nächsten obern Flußstrecke darstellt, wodurch die Möglichkeit geboten wird, leere Schiffe wieder heraufzubringen. In Zwischenzeiten von zwei bis drei Wochen wird gewöhnlich eine Fluthwelle herabgelassen oder eine Schleusung (*écluse*) bewirkt, indem man alle Wehre nach und nach öffnet. Die sämtlichen Schiffe, welche die Fahrt machen sollen, müssen gleichzeitig zur Abreise fertig sein, alsdann spannt man in der obersten Haltung das Wasser durch vollständigen Verschluss des Wehrs einen oder mehrere Tage hindurch an, bis die Schiffe schwimmen und gegen das Wehr geführt sind. Dieses wird alsdann geöffnet und die Schiffe treten mit der Fluthwelle zugleich in die zweite Haltung. Die daselbst befindlichen Schiffe vereinigen sich mit ihnen und nähern sich dem zweiten Wehr, das alsdann gleichfalls geöffnet wird und so fort. Hierbei findet der große Vortheil statt, daß die Fluthwelle nicht ununterbrochen und gleichmäßig

fortschreitet, sondern bei jedem Wehr angehalten wird, und sonach die etwa zurückbleibenden Schiffe Gelegenheit haben, die übrigen wieder einzuholen.

Will man grössere Kosten auf die Anlage verwenden, so läßt sich der für die Schiffahrt erforderliche Wasserstand dauernd erhalten, wenn man Wehre in solcher Höhe auführt, daß der größte Theil des Gefälles durch sie aufgehoben wird. Alsdann muß aber zur Seite jedes Wehrs eine Schiffsschleuse oder sonstige Vorrichtung zur Ueberwindung des Gefälles angebracht werden. Wenn in dieser Art die einzelnen Stromstrecken zwischen den Wehren bei kleinem Wasser sehr wenig Gefälle behalten, so sagt man, daß der Strom canalisirt sei. In dieser Weise ist die Saar oberhalb Saarbrücken behandelt. Endlich kann man auch das Fahrwasser vollständig aus dem Flußbette entfernen und es in einen Schiffahrts-Canal verlegen, der seitwärts im Thal sich hinzieht. Das letzte Verfahren ist in der Anlage am theuersten, es gewährt aber den großen Vortheil, daß die geringste Wassermenge zur Erhaltung der Schiffahrt genügt, es empfiehlt sich daher vorzugsweise für kleine Flüsse und ist besonders in England häufig angewendet.

Die oben angegebenen Erfordernisse der Schiffahrt stellen sich keineswegs auf allen Strömen in gleichem Maasse dar. Die Grösse und Construction der Schiffe und die Art des Schiffahrts-Betriebs bedingen so wesentliche Verschiedenheiten, daß man die jedesmaligen Bedürfnisse in dieser Beziehung genau kennen muß, bevor man in einem bestimmten Fall das Project zur Stromregulirung aufstellen kann. Einige Bemerkungen über den Betrieb der Flussschiffahrt dürfen daher nicht umgangen werden.

Nur auf solchen Strömen oder grössern Theilen derselben, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit des Wassers mäßig ist, pflegt sich die Segelschiffahrt vollständig auszubilden. Dieses geschieht vorzugsweise in den untern Stromtheilen oder in weit ausgedehnten Ebenen, und namentlich, wenn daselbst große Seen vorkommen, die das geschlossene Strombett unterbrechen. Von denjenigen Stromtheilen, die einem starken Wechsel der täglichen Fluth ausgesetzt sind, ist hier indessen nicht die Rede, sie sind vielmehr in hydrotechnischer Beziehung schon als Theile des Meers anzusehn und werden daher später behandelt werden. Im Allge-

meinen ist das Segel bei den Flussschiffen nur ein untergeordnetes Hilfsmittel zur Bewegung. Es wird unter günstigen Umständen wohl benutzt, um die Fahrt zu beschleunigen oder den Leinenzug zu erleichtern, auch wohl um den letzteren stellenweise ganz entbehrlich zu machen. Ausserdem dient es häufig zur bessern Steuerung des Schiffs, wenn aber kein Wind ist, und sonach das Segel nicht gebraucht werden kann, oder andre Umstände die Benutzung desselben verbieten, so werden dennoch die Fahrten fortgesetzt, indem der Betrieb auf andre Kräfte basirt ist, die weniger vom Zufall abhängig sind. Das in der Bergfahrt begriffne Schiff, wenn es gegen den Strom durch Pferde oder Menschen gezogen wird, läßt sich sehr scharf steuern, weil seine relative Geschwindigkeit gegen das Wasser gleich der Summe beider und daher sehr groß ist, auch kann es wegen seiner nur mässigen Bewegung, die immer durch den Stoss des Wassers bald aufgehoben wird, schnell zum Stillstande gebracht werden. Nichts desto weniger erfordert dennoch seine Führung in diesem Falle Vorsicht, besonders wenn der Zug der Leine von der Richtung des Fahrwassers stark abweicht. Wird nämlich das Ruder zu weit übergelegt, so wendet sich das Schiff noch weiter, die Strömung trifft es in seiner Breite, und es giert und scheert von dem Leinpfade mit großer Kraft fort. Alsdann werden nicht nur die Pferde in den Strom gerissen, sondern, da die Leine am Mast befestigt ist, so neigt auch das Schiff sich seitwärts so sehr, daß es Wasser schöpft. Tritt eine solche Gefahr ein, so bleibt nur übrig, die Leine schleunigst zu lösen, oder sie zu durchschneiden und das Schiff zurücktreiben zu lassen, doch auch dieses ist gemeinhin nicht ausführbar, da die Abweichung sich zu schnell vergrößert.

Für die Thalfahrt giebt der Strom selbst die bewegende Kraft. Das Schiff nimmt sehr bald nicht nur die Geschwindigkeit des Wassers, sondern sogar eine etwas grössere an (§ 16), und dieser Umstand ist in sofern überaus vortheilhaft, als der Unterschied zwischen beiden eine relative Bewegung des Schiffs gegen das Wasser verursacht, von der allein die Wirksamkeit des Steuerruders abhängt. Diese relative Bewegung ist indessen gewöhnlich nur geringe, und daher folgt das Schiff bei der Thalfahrt im Allgemeinen nur unvollständig und langsam dem Steuerruder. Es treten ausserdem zwei Umstände hinzu, welche die Führung des Schiffs noch

erschweren. Der erste beruht darauf, daß es beim Passiren scharfer Krümmungen sehr stark der tangentialen Richtung folgt, und daher leicht an das concave Ufer geworfen wird. Außerdem aber nimmt das Schiff bei der Bewegung des Steuers zuerst eine schräge Richtung an, und zwar in der Art, daß sein Hintertheil sich derjenigen Seite nähert, von der man es entfernen will, am weitesten tritt alsdann das Steuerruder selbst vor. Sobald dieses aber den Grund berührt, oder gar gegen eine Ruhne oder das Ufer stößt, so wird es nicht nur an der fernern freien Bewegung gehindert, sondern es wirkt sogar als feste Drehungsachse, und das Schiff fällt seiner ganzen Länge nach gegen das Ufer. Hierbei geschieht es nicht selten, daß die festen Steuerruder sich so weit heben, daß sie abbrechen. Auf denjenigen Strömen, wo dieses besonders zu fürchten ist, erhalten daher die Steuer die Form und die Befestigungsart der gewöhnlichen Rieme, welche leicht aus dem Wasser zu heben sind. Sie heißen alsdann Streichruder. Ihre Handhabung ist schwieriger, aber sie sind dafür auch wirksamer, indem man sie wie gewöhnliche Rieme oder Ruder wiederholentlich ausheben und daher die Drehung des Schiffs schneller bewirken kann.

Indem das Steuerruder bei der Thalfahrt wenig Wirksamkeit besitzt, so wendet man noch verschiedne andre Mittel zur Lenkung des Schiffs an. Hierher gehört zunächst der Gebrauch der Segel. Sie dienen entweder unmittelbar dazu, das Schiff auf die dem Wind abgekehrte Seite zu drängen, vorzugsweise aber nur, um seine Bewegung zu beschleunigen und dadurch die relative Bewegung gegen das Wasser zu vergrößern oder die Wirksamkeit des Ruders zu vermehren. Bei breiten Strömen und entgegenstehendem schwachen Wind kommt es auch vor, daß die Schiffe quer gegen den Strom gestellt werden, und man sie steuert, indem man den Segeln solche Richtung giebt, daß sie das Schiff nach vorn oder nach hinten treiben, und dadurch dasselbe dem einen oder dem andern Ufer nähern. Auf der Weichsel, unterhalb Danzig, sah man häufig die Seeschiffe in dieser Weise herabgehn.

Auf manchen Strömen, wie auf der Weser, ist der Gebrauch der Segel bei der Thalfahrt nach den polizeilichen Vorschriften nicht gestattet, da der Mast nur bei der Bergfahrt aufgestellt sein darf, bei der Thalfahrt aber niedergelegt werden muß. Diese Bestimmung ist im Interesse des Landverkehrs und der Fähranstalten

gegeben und hat vorzugsweise den Zweck, das vielfache Herablassen der Fährleinen oder das Oeffnen der Brücken zu vermeiden.

Ein andres Mittel zur Vergrößerung der relativen Geschwindigkeit des Schiffs ist der Gebrauch langer Riemen oder Ruder, die in gleicher Art, wie bei Böten seitwärts angelegt und gehandhabt werden. Ferner gehört hierher die Anwendung von Haken oder Stangen, die man gegen das Ufer oder die Sohle des Flussbetts stößt. In manchen Fällen erfordert dieses letzte Mittel eine übermäßige Kraft-Anstrengung und Geschicklichkeit der Schiffer. Bei starker Strömung, durch welche das Schiff in heftige Bewegung versetzt wird, läßt sich durch solche Stange oder vielmehr durch einen kräftigen Baum, den man gegen den Grund stellt, während sein oberes Ende fest mit dem Schiff verbunden wird, auch die Richtung des letztern plötzlich ändern. Ein solcher heist der Schurbaum. Er wird auf der Saar und Mosel in den stärkern Krümmungen regelmässig benutzt. Seine Wirkung ist überaus kräftig, aber er stellt auch das Fahrzeug auf eine harte Probe. Sein Gebrauch beruht darauf, daß sein untres Ende schräg nach vorn und nach derjenigen Seite, von welcher man das Schiff abhalten will, auf den Grund gesetzt wird. Das obere Ende muß dagegen sogleich mit dem Schiff in eine feste Verbindung gebracht werden. Indem Letztres sich in der Richtung der Fahrt fortbewegt, nähert sich die Richtung des Baums der verticalen Stellung, wodurch das Schiff auf dieser Seite gehoben wird, und insofern der Baum alsdann nach Maafsgabe seiner Einstellung seitwärts geneigt ist, so fällt er nach eben dieser Seite herab und drängt dabei das Schiff in gleicher Richtung fort. Bei kleinen Schiffen besteht die Vorrichtung zur Befestigung des Schurbaums nur in einigen Pollern (Köpfen der Inhölzer), die über das Bord an jeder Seite herüberreichen. An diese Poller sind starke Taue gebunden. Das lose Ende eines solchen schlingt man etwa dreimal um den Schurbaum und umspannt mit der Hand möglichst fest die letzte Windung des Taues. Für grössere Schiffe ist diese Befestigungsart aber nicht genügend, es sind vielmehr an der äufsern Schiffswand möglichst hoch sowohl vorn als hinten, und zwar an beiden Seiten Bohlen befestigt, worin abwärts gekehrte Zahnschnitte sich befinden. In einen der letztern schiebt man jedesmal den Kopf des Schurbaums,

nachdem dieser bereits ausgesetzt ist, und er hebt alsdann sicher das Schiff und drängt es zur Seite.

Ein andres Mittel zur bessern Steuerung besteht darin, daß man den nöthigen Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des Wassers und des Schiffs durch Zurückhalten des letztern hervorbringt. Dieses geschieht häufig bei Durchführung der Schiffe durch schmale Brückenöffnungen, indem ein leichter vierarmiger Anker oder ein sogenannter Dragger an das Hintertheil des Schiffs gehängt wird. Derselbe durchfurcht den Grund und verursacht soviel Widerstand, daß das Wasser dem Schiff stark voraneilt, und der daraus entstehende Stofs oder Druck das Mittel zur schärfern Steuerung bietet. Die Bewegung des Steuers muß aber in diesem Fall, indem die relative Bewegung des Schiffs negativ geworden ist, in entgegengesetztem Sinn erfolgen. Dieser Umstand giebt leicht zu Irrungen Veranlassung, und außerdem verursacht der Dragger auch nach der Beschaffenheit und selbst nach der Tiefe des Grundes einen sehr verschiedenen Widerstand, woher dieses Manöver im Fall einer wirklichen Gefahr nicht die nöthige Sicherheit bietet. Alsdann wird vielmehr ein schwerer Anker auf das Ufer gesetzt, oder daselbst auf andre Art ein Tau befestigt, welches hinreichend stark ist, um das Schiff zu halten. Dieses langsame Herablassen vor dem Anker nennen die Schiffer sacken. Das Tau liegt im Schiff und ist zweimal um einen Poller geschlungen, woher durch mäßiges Anziehen des hintern Endes eine hinreichende Reibung entsteht, um die Kraft des Stroms zu überwinden. Ein einzelner Mann kann auf diese Art die Bewegung des Schiffs reguliren, und so lange er sie nicht groß werden läßt, kann er sie auch jeden Augenblick ganz unterbrechen und das Schiff zum Stillstand bringen. Es kommt indessen hierbei darauf an, das Schiff durch das enge und vielleicht sehr unregelmäßige Fahrwasser sicher zu führen. Durch bloßes Absetzen mit Stangen ist dieses gemeinhin nicht möglich, weil der Strom gerade an diesen Stellen besonders heftig zu sein pflegt. Die große relative Geschwindigkeit des Wassers gegen das Schiff bietet indessen das Mittel zu einer genauen Steuerung. Das Steuerruder würde in diesem Fall aber nur wenig nützen, wenn es sich an demjenigen Ende des Schiffs befände, welches dem Stofs des Wassers zugekehrt ist, auch würde seine Bewegung durch das Tau selbst, woran man das

Schiff herabläfst, gehindert werden. Es bleibt also nur übrig, das Schiff zu wenden und es gegen den Strom zu kehren, so daß es dieselbe Stellung annimmt, als wenn es in der Bergfahrt begriffen wäre. Das zweimalige Umdrehn des Schiffs, so wie das Ausbringen und Einholen des Ankers und Taues, welches in diesem Fall nothwendig wird, verursacht bei der schwachen Bemannung der zu Thal fahrenden Schiffe gewöhnlich einen Aufenthalt von mehreren Stunden, woher die Schiffer solche Stellen, wo dieses Manöver angewendet werden muß, als wirkliche Schiffahrtshindernisse bezeichnen. Diese Ansicht rechtfertigt sich auch dadurch, daß während der Zeit des langsamen Durchtreibens kein Begegnen stattfinden darf, und sonach eine vollständige Sperrung des Fahrwassers eintritt.

In manchen Fällen, besonders, wenn die Thal-Fahrten beschleunigt werden müssen, ist die Kraft des Stroms zur Bewegung des Schiffs nicht genügend. In denjenigen Strecken, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit sehr geringe ist, also in den Pfuhlen oder Wogen (§ 1) wiederholt sich dieser Uebelstand am häufigsten und wird besonders störend, wenn der Wind stromaufwärts gerichtet und zugleich sehr stark ist. Es kann alsdann leicht geschehn, daß das Schiff gar nicht weiter kommt, vielleicht sogar gegen den Strom getrieben wird, und jedenfalls steuert es unter diesen Umständen sehr schlecht. Man hilft sich alsdann durch Fortschieben mittelst Stangen, oder es wird die Zugleine ans Ufer gebracht und Menschen oder Pferde davor gespannt. Hierbei stellen sich indessen vielfache Hindernisse ein. Die Leine wird nämlich in der Richtung gezogen, die dem gewöhnlichen Zug entgegengesetzt ist, sie bleibt daher häufig hängen und selbst an solchem Weidengebüsch, welches bei der Bergfahrt gar nicht hinderlich ist, weil alle Zweige die dem gewöhnlichen Leinenzuge entsprechende Richtung angenommen haben. Dieses Hängenbleiben wird noch durch den Umstand befördert, daß die Leine nur schwach gespannt ist und daher tiefer herabhängt, als bei der Bergfahrt, stellenweise aber der stärkere Strom das Schiff sogar schneller vortreibt, als die Menschen oder Pferde gehn. Endlich giebt es noch sehr unangenehme Collisionen, wenn das abwärts gezogene Schiff einem Bergschiff begegnet. Gewöhnlich muß in diesem Fall die Leine des ersten nicht nur gelöst, sondern ganz eingeholt und

demnächst wieder ausgebracht werden. Aus diesen Gründen werden nur in seltenen Fällen Leinpferde bei der Thalfahrt benutzt. Der Schiffer hilft sich vielmehr, soweit es geschehn kann, mit seiner eignen Mannschaft oder legt an das Ufer an und wartet das Nachlassen des hinderlichen Windes ab.

Endlich ist noch zu erwähnen, in welcher Art das in der Thalfahrt begriffne Schiff angehalten werden kann. Jedes Schiff, welches an das Ufer anlegen oder im Strom ankern soll, muß in solche Richtung gebracht werden, daß sein vordres Ende dem Strom zugekehrt ist. Dieses ist nicht nur deshalb nothwendig, weil der Vordertheil am leichtesten das Wasser durchschneidet, und daher die Schiffe in dieser Richtung am schwächsten stromabwärts gezogen und Anker und Taue am wenigsten angegriffen werden, sondern vorzugsweise geschieht es, weil die Bewegungen beim Anlegen und Abfahren nur in diesem Fall durch das Steueruder gehörig unterstützt werden können. Das in der Thalfahrt begriffne Schiff muß also, ehe es anlegt, gedreht werden. Dieses geschieht gemeinhin, indem es so gesteuert wird, daß seine Spitze in einen Theil des Strombetts tritt, wo die Strömung nur schwach ist, während der hintere Theil desselben im stärkern Strom bleibt. Letzterer wird von diesem abwärts getrieben und so erfolgt die Wendung von selbst, man befördert sie aber, soweit es nöthig ist, noch durch Absetzen mit Stangen, oder auch wohl durch Anwendung des Schurbaums. Wenn das Schiff nicht schwer beladen und zugleich stark gebaut ist, pflegt man es auch wohl mit dem Vordertheil gegen das Ufer stoßen zu lassen. Alsdann dreht der Strom es in der beabsichtigten Weise, und dabei wird zugleich die fortschreitende Bewegung des Schiffs so gemäßigt, daß der Anker geworfen, oder die Leine ans Land gebracht werden kann. Unter allen Umständen darf man aber nicht plötzlich durch ein Tau die Bewegung des Schiffs unterbrechen, wobei dieses reißen würde. Man schlingt es vielmehr ein- oder zweimal um einen Poller und läßt es so lange auslaufen, bis das Schiff nach und nach zum Stillstande kommt.

Bei der Bergfahrt werden die Segel benutzt, so oft der Wind irgend günstig ist, und wenn derselbe auch nicht hinreichende Stärke hat, um das Schiff gegen den Strom zu treiben, so unterstützt er doch den Leinenzug oder die sonst zur Bewegung des Schiffs ver-

wendete Kraft, so daß diese mit minderer Energie ausgeübt werden kann. Fehlt der Leinpfad und werden auch nicht etwa Dampfboote zum Bugsiren angewendet, während eine frische Strömung statt findet, so ist der Schiffer allein auf den Gebrauch der Segel verwiesen, und bei schwachem oder widrigem Winde muß er die Fahrt unterbrechen. So sammelt sich vor Stromstrecken, in welchen der Wind nicht paßt, eine große Anzahl von Schiffen, wie an der Elbe oft geschieht.

Man hilft sich zuweilen, sobald der Wind nicht benutzt werden kann, durch Schieben mittelst Stangen, oder auch wohl durch einen Leinenzug, der stellenweise durch Menschen ausgeübt wird. Wie groß in diesen Fällen auch die Kraftäußerung der Menschen ist, indem sie sich übermächtig neigen und oft ihren Körper nahe in horizontale Richtung bringen, so rückt das Schiff dabei doch nur sehr langsam vor. Dieses Manöver ist bei den Elb- und Oderkähnen das gewöhnliche, und die Geschwindigkeit, womit sie ohne Anwendung der Segel gegen den Strom fahren, beträgt, obgleich letzterer nur mäßig ist, nicht leicht über einen Fuß in der Secunde, und ist stellenweise noch geringer, woher sie an einem Tage oft nicht mehr als zwei Meilen zurücklegen.

Es ergibt sich hieraus der außerordentliche Nutzen, den gehörig eingerichtete Leinpfade dem Schiffahrtsbetrieb gewähren, indem die Kraft der Pferde viel wohlfeiler, als die der Menschen ist. Freilich ist der Leinenzug durch Pferde für die Uferbesitzer höchst lästig, woher übermäßige Schwierigkeiten und Entschädigungsforderungen gemacht werden, wenn man ihn an einem Strom einrichten will, wo er bisher nicht bestand. Ueber die Erfordernisse des Leinpfades selbst und der dazu gehörigen Anlagen wird im Folgenden ausführlicher die Rede sein, hier mögen aber einige Bemerkungen über die Bergfahrt mit Benutzung des Leinenzugs mitgetheilt werden.

Die Zugleine wird am Mast befestigt und zwar in solcher Höhe, daß sie, soweit es geschehn kann, nicht auf dem Grund schleppt, und nicht die Sohle des Flußbetts berührt. Man verkürzt deshalb die Leine auch jedesmal soweit, als irgend geschehn kann, sie muß aber so lang bleiben, daß der Zug nicht gar zu schräg ausgeübt wird, wodurch derselbe zu sehr erschwert werden würde. Sobald also das Fahrwasser sich vom Leinpfade entfernt oder gegen

dessen Richtung stark divergirt, muß die Leine verlängert werden, sowie sie entgegengesetzten Falls sogleich verkürzt wird. Entfernt sich das Fahrwasser aber sehr weit vom Leinpfade, so taucht die Leine, obgleich sie möglichst hoch am Mast heraufgezogen ist, dennoch nicht nur in das Wasser, sondern sinkt sogar bis zum Grund herab. In diesem Fall ist theils das Hängenbleiben der Leine zu besorgen, theils aber entfernt schon der Druck des Wassers die Leine aus der geraden Richtung und dadurch wird der Zug, den das Schiff erfährt, noch stärker dem Ufer zugekehrt, wodurch es abgewendet und folglich seine Bewegung aufs Neue erschwert wird. In solchem Fall verhindert man das tiefe Eintauchen der Leine dadurch, daß man in gewissen Entfernungen Kähne oder sogenannte Buchtnachen darunter legt. In jedem dieser Nachen muß ein Mann sich befinden, der die Leine hält und darauf achtet, daß sie möglichst eine gerade Linie bildet. Dieses Verfahren ist an manchen Stellen auf dem Rhein nothwendig, und man sieht daselbst bei kleinem Wasser, wobei der Uebelstand immer am größten ist, drei und zuweilen noch mehr Buchtnachen unter einer Leine.

Die Führer der Leinperde erkennen sehr wohl den großen Vortheil, den die möglichste Uebereinstimmung der Richtung der Leine mit der des Schiffs gewährt. Sie bleiben daher keineswegs immer auf dem Leinpfade, sondern nähern sich, soweit es geschehn kann, dem Fahrwasser. Sie reiten auch, wo es nicht bestimmt verboten ist, über alle Alluvionen und Uferränder fort, und sogar häufig auf lange Strecken im Flusse selbst, und scheuen diesen Weg nicht, wenn auch stellenweise die Tiefe so bedeutend wird, daß die Pferde fast schwimmen. Die Pferde können aber keinen Zug ausüben, wenn der Leinpfad nahe rechtwinklig gegen die Leine gerichtet ist, sie sind alsdann auch der Gefahr ausgesetzt, in den Strom herabgezogen zu werden. Man pflegt in solchem Fall nicht die sämtlichen Pferde an dieselbe Leine zu spannen, sondern sie in zwei auch wohl drei Gruppen hintereinander gehn zu lassen, deren jede eine besondere Zugleine hat. Alsdann kommt es nur darauf an, das eine Gespann kräftig anzutreiben, während das andre nicht anziehen darf.

Bei sehr gekrümmten Fahrwassern wird es zuweilen noch nöthig, eine besondere Zugleine oder die sogenannte Hülfsleine

an das hintre Ende des Fahrzeugs zu befestigen, um ein starkes Abtreiben desselben zu verhindern. Solche Hilfsleinen werden gewöhnlich nur von Menschen gezogen, wiewohl zuweilen auch Pferde davor gespannt werden. Wenn der Strom indessen regulirt ist, kommen Fälle dieser Art nicht vor, und überhaupt findet der Leinenzug durch Beseitigung der scharfen Krümmungen im Fahrwasser eine außerordentliche Erleichterung. Während des Baues selbst und unmittelbar nachher, besonders wenn vor dem Leinpfads-Ufer lange Buhnen in den Strom gebaut werden, entstehen freilich häufig manche Schwierigkeiten für den Leinenzug. Bei der bald eintretenden Verlandung zwischen den Buhnen kann man indessen nach wenig Jahren den Leinpfad weiter vorlegen und dadurch dem Bedürfnis der Schiffahrt aufs vollständigste genügen. Wenn hierbei die Frage entsteht, wie weit man das neue Fahrwasser von dem bestehenden Leinpfade entfernen darf, so wird im Allgemeinen derjenige Abstand noch als zulässig angesehen, der auf andern Strecken desselben Stroms sich vorfindet, und wenn in der neu verbauten Stelle der Strom oder vielleicht auch der herrschende Wind die Schiffe besonders stark gegen das Ufer, also an die Buhnenköpfe treibt, so muß man durch Einrichtung eines Hilfsleinpades auf dem gegenüber liegenden Ufer die Fahrten so lange zu erleichtern suchen, bis der Hauptleinpfad näher an das Fahrwasser gelegt werden kann. Man muß indessen bei Strom-Regulirungen immer bemüht sein, die neue Fahrrinne möglichst nahe an den Leinpfad zu legen, und daher, wenn es geschehn kann, die erforderliche Einschränkung des Betts vom gegenüber liegenden Ufer aus vorzunehmen.

In neuerer Zeit finden die Dampfschiffe auf den Strömen immer mehr Eingang. Sowohl bei der Berg-, als bei der Thalfahrt ist ihre Geschwindigkeit nicht auf diejenige der Segelschiffe beschränkt, sondern oft bedeutend größer, namentlich, wenn sie nur für den Personenverkehr bestimmt sind. Dabei tritt außerdem noch der Vortheil ein, daß sie auch bei höherm Wasserstand, wenn die Leinpfade bereits überströmt werden, noch fahren können. Ueberdies sind sie vom Leinpfade unabhängig und können daher jedes Fahrwasser verfolgen, wenn dasselbe sich auch vom Leinpfade weit entfernt, oder eine stark divergirende Richtung annimmt.

Das Dampfschiff selbst ist gemeinhin zur Aufnahme großer

Lasten nicht geeignet, weil es bei der nöthigen Beschränkung seines Tiefgangs schon durch die Maschine und den zum Betrieb erforderlichen Kohlenbedarf vollständig befrachtet wird. Für den Güterverkehr dient es daher meist nur zum Bugsiren, und schleppt oft sechs und noch mehr Schiffe hinter sich. Dieses geschieht nicht nur bei der Bergfahrt, sondern in vielen Fällen auch bei der Thalfahrt. Bei letzterer tritt indessen der Uebelstand ein, daß bei plötzlich vorkommenden Hindernissen, wie wenn das Dampfboot auf den Grund aufläuft, die in voller Fahrt begriffnen angehängten Schiffe, die außerdem noch durch den Strom getrieben werden, gegen das Bugsirboot auflaufen, auch gegenseitig an einander stoßen. Sie können nur, wie auch bei der gewöhnlichen Thalfahrt geschieht, durch Auswerfen der Anker zum Stillstand gebracht werden. Bevor aber diese fassen und die Schiffe vor denselben aufdrehn, ist der Zusammenstoß gemeinhin schon erfolgt. Es ist daher bei der Thalfahrt besondrer Vorsicht nöthig, und vielfach werden die Bugsirleinen auf dem Dampfboot an Haken gehängt, die beim Zurückschlagen eines seitwärts vortretenden eisernen Stiels sich sogleich öffnen, wodurch die Verbindung mit dem angehängten Schiff gelöst wird. Dieses kann alsdann vor Anker gelegt oder in andrer Richtung gesteuert werden. In Seehäfen, die sehr schmal und beengt sind, wie in Neufahrwasser, kommt es sogar vor, daß man nicht nur vor das zu bugsirende Schiff ein Dampfboot legt, sondern ein zweites Dampfboot noch folgen läßt, das gleichfalls durch starke Taue mit dem geschleppten Schiff verbunden ist. Das letzte Boot dient nicht zum Schleppen, sondern es bringt nur das Schiff zum Stillstand, indem seine Ruder zurückschlagen, sobald beim Begegnen eines andern Schiffs die Fahrt unterbrochen werden muß. Auf den großen Amerikanischen Strömen ist es aber üblich, die zu schleppenden Schiffe nicht hinter das Dampfboot zu legen und mittelst der Schlepptaue von diesem ziehn zu lassen, sondern sie vielmehr an dessen Seiten zu bringen und sowohl vorn wie hinten daran zu befestigen. Ist dieses geschehn, so kann das erwähnte Vortreiben nicht mehr stattfinden. Sobald die Räder oder die Schraube des Dampfboots rückwärts schlagen, kommt der ganze Zug zum Stillstand.

Sobald die Dampfschiffahrt auf einem Strom eingeführt wird, pflegen die Anwohner über die Beschädigung der Ufer Be-

schwerde zu führen, und zwar oft mit vollem Rechte, indem diese Boote einen starken Wellenschlag erzeugen, wodurch der Boden abgespült wird. Besonders heftig ist derselbe bei der Thalfahrt und in tiefem Wasser. Wenn die großen Schleppschiffe auf dem Rhein der Niederländischen Grenze sich nähern, verursachen sie eine sehr heftige Wellenbewegung, die an einzelnen Stellen nach dem Vorüberfahren noch eine viertel Stunde lang anhält, und augenscheinlich die ungeschützten Ufer stark angreift. Die Swine, die das Frische Haff unterhalb Stettin mit der Ostsee bei Swinemünde verbindet, hat seit der Eröffnung der Dampfschiffahrt an verschiedenen Stellen an Breite zugenommen, indem die ungedeckten Ufer zurückgewichen sind. Besonders heftig sind die Abbrüche, wenn die Boote neben den Ufern fahren, und dieses geschieht nicht selten, indem bei der Bergfahrt diejenigen Wege eingeschlagen werden, wo die Strömung am schwächsten ist. Verbote dagegen erweisen sich meist ganz erfolglos, da sich nie nachweisen läßt, daß die vorgeschriebne Entfernung vom Ufer nicht innegehalten sei. Eben so wenig darf man von der Bestimmung einen Erfolg erwarten, daß die Böte auf längre Strecken nur mit halber Kraft fahren dürfen. Zur sichern Steuerung ist oft die grössre Geschwindigkeit unentbehrlich, und ausserdem wird die Controle darüber sehr schwierig. Es bleibt daher nur übrig, die Ufer sicher zu decken, was am Preussischen Rhein nunmehr grossentheils geschehn ist.

Man nimmt häufig an, daß ein durch Ruderräder getriebnes Dampfboot stärkern Wellenschlag verursacht, als ein Schraubenboot und empfiehlt daher die Anwendung der letzteren auch auf Strömen und Canälen, wie sie auf offner See unbedingt den Vorzug verdienen, weil auch bei starkem Seegange die Schraube niemals vollständig aus dem Wasser tritt, wie die Räder auf der einen oder der andern Seite dieses häufig thun. Auf flachem Wasser verbietet sich indessen die Benutzung der Schraube, weil dieselbe die nöthige Kraft nur bei einer bestimmten Grösse entwickeln kann, während sie zugleich ganz unter Wasser bleiben muß, oder doch nur wenig darüber vortreten darf. Jene Voraussetzung, daß sie unter gleichen Verhältnissen weniger Wellenschlag erzeugt, ist aber auch zweifelhaft. Der Nordholländische Canal, der Amsterdam mit dem Hafen Nieuwen-Diep verbindet, wird von den verschiedensten Seeschiffen

beutzt, und zwar ist es hier, mit Ausnahme weniger Stellen, den Dampfböten gestattet, mit voller Kraft zu fahren. Man hat dabei die Bemerkung gemacht, daß Schiffe von gleichem Querschnitt und bei gleicher Geschwindigkeit auch denselben Wellenschlag verursachen, mögen sie durch Ruderräder oder durch Schrauben getrieben werden. Die Welle, die vor dem Buge des Schiffs sich bildet, ist größer, als diejenige, welche der treibende Maschinentheil erzeugt, und andre Erfahrungen beweisen auch, daß, wenn letztere ganz fehlen oder gar nicht auf Wellenbewegung wirken können, dennoch diese bei größrer Geschwindigkeit des Boots sehr heftig eintritt. Die auf manchen Canälen in England eingeführten Schnellböte, ausschließlich für den Personen-Verkehr bestimmt, die von drei Pferden gezogen werden, welche man fortwährend in starkem Trab und selbst in Carrière erhält, bilden Wellen, die nach der Mittheilung von Scott Russell*) sogar nach dem Stillstand der Böte noch eine viertel Deutsche Meile weiter laufen.

Ebenso erzeugte auch ein kleines Dampfboot, durch Reaction getrieben, welches einst den Schiffahrts-Canal bei Berlin passirte, einen sehr heftigen Wellenschlag. Zur Erklärung dieser Art des Betriebs mag daran erinnert werden, daß das Wasser, welches unter starkem Druck in eine mit einer Seitenöffnung versehne Röhre tritt, durch diese Oeffnung entweicht, und dadurch das Gleichgewicht der Pressungen aufgehoben wird. Es bildet sich also ein Druck auf die der Oeffnung gegenüber befindliche Röhrenwand, der zur Darstellung einer entsprechenden Bewegung benutzt werden kann. Im Segnerschen Rade, das durch diesen Druck gedreht wird, hat man hiervon bereits seit langer Zeit zum Betrieb von Maschinen Gebrauch gemacht, im Reactions-Boot ist dasselbe Princip zur Anwendung gekommen, und wenn diese neue Erfindung bisher auch noch keine bedeutenden Erfolge gezeigt hat, so dürfte sie bei passender Anordnung wegen der besonders einfachen Uebertragung der Kräfte doch nähere Beachtung verdienen.

*) Ueber die Wellen auf Gewässern von gleichmäßiger Tiefe von G. Hagen in den Abhandlungen der Königlichen Academie der Wissenschaften zu Berlin. 1862.

§. 58.

Die Warpschiffahrt.

In neuester Zeit hat eine eigenthümliche Art der Schiffahrt auf Flüssen und Canälen vielfach bereits Anwendung gefunden, und dehnt sich gegenwärtig, wie es scheint, auf alle frequentern binneländischen Wasserstraßen aus. Es wird nämlich auf die Sohle derselben eine Kette oder ein Drahttau versenkt, und hieran zieht eine Dampfmaschine an Bord des Warpschiffs dieses mit den daran gehängten Lastschiffen fort.

Eine ähnliche Art der Bewegung kommt bei Seeschiffen vielfach vor. Man bringt nämlich einen Anker in der Richtung aus, wohin das Schiff verlegt werden soll. Das Ankertau wird um das auf Deck stehende Gangspill geschlungen, und indem die Mannschaft dieses dreht, erfolgt die beabsichtigte Bewegung. Ist die Entfernung größer, so wird ein zweiter Anker ausgebracht, und das Tau desselben wieder um die Winde geschlungen, sobald man sich dem ersten Anker nähert. Auf diese Art kann die Bewegung, die freilich nur sehr langsam ist, beliebig weit fortgesetzt werden. Dieses Verfahren nennt man Warpen.

Jene vorerwähnte Schiffahrt bei Anwendung von Ketten, die mehrere Meilen lang sind, wird bei uns gewöhnlich mit der Französischen Benennung *Touage* bezeichnet. Diese bedeutet aber nichts Andres, als warpen. Je nachdem eine Kette oder ein Seil benutzt wird, gebraucht man auch die Ausdrücke *Kettenschiffahrt* oder *Seilschiffahrt*. Die obige Benennung, aus der Seemanns-Sprache entlehnt, dürfte wohl der passendste Deutsche Name dafür sein.

Die Französischen Schriftsteller sagen, der Marschall von Sachsen habe schon 1732 das Warpen bei Flussschiffen angewendet, doch sei es erst 1820 zum regelmässigen Betrieb der Schiffe auf der Saone bei Lyon benutzt worden. Das Verfahren stimmte damals sehr genau mit dem auf Seeschiffen üblichen überein. Ein Anker wurde bei der Bergfahrt in einem Boot ausgebracht, das gewöhnliche Hanftau desselben angewunden, und ehe dieses eingeholt war, brachte man einen zweiten Anker aus, und so fort. Der Unterschied bestand nur darin, daß die Winde durch einen Pferde-

göpel in Bewegung gesetzt und an das Warpschiff andre Schiffe angehängt waren.

Schon einige Jahre früher, wahrscheinlich 1818, hatte der ausgezeichnete Maschinenbauer L. G. Treviranus das erste Dampfschiff, welches die Weser befuhr, mit einer Vorrichtung versehen, welche an die jetzt üblichen Methoden des Warpens sich viel näher anschloß. Die Dampfmaschine war nämlich zu schwach, um das Boot in den damals noch zahlreich vorhandenen Stromschnellen heraufzuziehn. Oberhalb solcher Stelle war daher ein Anker ausgebracht und das Tau desselben reichte bis unterhalb der Stromschnelle, wo es an einer Buoye (einer leeren Tonne) befestigt war. Sobald das Dampfboot diese erreichte, wurde das Tau auf die Winde gelegt, die Verbindung der Dampfmaschine mit den Ruderrädern aufgehoben und diejenige mit der Winde durch Einrücken eines Getriebes dargestellt. Alsdann bewegte sich das Boot zwar langsam, aber doch sicher gegen den heftigen Strom, bis in der Nähe des Ankers das Tau abgeworfen und die Ruderräder wieder in Betrieb gesetzt wurden.

Beim gewöhnlichen Rudern, wie auch bei den Ruder-Rädern und Schrauben der Dampfboote werden die Fahrzeuge bewegt, indem gewisse Flächen gegen das Wasser stoßen und dieses dadurch in entgegengesetzter Richtung fortgeschoben wird. Der Druck wirkt also nicht auf einen festen Körper, vielmehr auf das leicht bewegliche Wasser. Dieses weicht daher aus und ein großer Theil des ausgeübten Drucks wird nicht auf die Bewegung des Boots, sondern auf die Erzeugung von Wirbeln und andern partiellen Strömungen im Wasser verwendet. Der Verlust an Kraft ist aber um so größer, je stärker die Strömung ist. Den Matrosen und Bootleuten ist dieses bekannt. Wenn sie eine heftige Strömung überwinden sollen, so benutzen sie die Ruder oder Rieme nicht in gewöhnlicher Art, sondern sie heben sie aus, stoßen sie gegen den Grund und schieben gegen diesen das Boot fort. Der große Vorzug des Warpens vor dem Gebrauch von Ruderrädern oder Schrauben besteht eben darin, daß das Ankertau oder die Kette den festen Stützpunkt zum Fortschieben des Boots bietet, und nur soweit die Fahrt des letztern das Ausweichen des Wassers erfordert, wird dieses in Bewegung gesetzt. Man hat gefunden, daß beim Warpen gegen 30 Procent derjenigen Kraft erspart werden, die

bei Ruder-Rädern oder Schrauben erforderlich ist, um demselben Fahrzeug die gleiche Geschwindigkeit zu ertheilen. Diese Ersparung tritt aber schon bei der gewöhnlichen sehr langsamen Bewegung der Warpschiffe ein und steigert sich in hohem Grade bei größern Geschwindigkeiten.

Die zum Betrieb des Warpschiffs versenkte Kette oder Drahtseil ist um gewisse Winden geschlungen, und indem letztere durch eine Dampfmaschine gedreht werden, so bewegt sich das Schiff und schleppt zugleich die daran angehängten Frachtschiffe. Die Kette oder das Seil ist gewöhnlich mehrere Meilen lang, während an den beiden Enden andre liegen, die jedoch mit den ersten nicht in Verbindung stehn. Die Fahrt des Warpschiffs beschränkt sich am passendsten auf eine Kettenlänge. Es geht also an dieser hin und her, während es beim jedesmaligen Beginn seiner Fahrt diejenigen Frachtschiffe aufnimmt, die von dem benachbarten Warpschiff herbeigeschleppt waren, und giebt diese später an das folgende ab.

Auf Flüssen, namentlich, wenn die Strömung stark ist, werden die Frachtschiffe gemeinhin nur in der Bergfahrt geschleppt, während sie in der Thalfahrt mit dem Strom herabtreiben. Das Warpschiff fährt also meist ohne Anhang zurück, es wird dabei aber nicht umgewendet, sondern behält dieselbe Richtung, die es bei der Bergfahrt hatte. Es ist daher an beiden Enden gleich gestaltet und vorn, wie hinten mit einem Steuerruder versehen. Beide Ruder werden auch zugleich gebraucht, um die nöthigen Wendungen zu machen und um das tiefste Fahrwasser zu verfolgen. In letzteres legt man zwar die Kette oder das Seil, es kann jedoch nicht verhindert werden, daß dieselben in gekrümmten Stromstrecken seitwärts fortgezogen werden. Aus diesem Grunde ist eine kräftige Steuerung dringend geboten. Solche läßt sich aber auch mittelst der beiden Ruder sehr sicher erreichen, wie sich dieses namentlich an dem Warpschiff zeigt, welches von den Packhäusern in Magdeburg die Schiffe in dem engen und sehr scharf gekrümmten Fahrwasser, und zwar theilweise in sehr heftiger Strömung, bis Bukow schleppt. Das Verschieben der Kette wird vorzugsweise bei der Rückfahrt des Warpschiffs wieder ausgeglichen, indem dasselbe alsdann einen geringern Druck auf die

Kette ausübt, und diese daher bei richtiger Steuerung wieder in die passende Linie zurückgebracht werden kann.

Wie vortheilhaft die Warpschiffahrt auch unbedingt ist, so dürfen doch die dabei vorkommenden Uebelstände nicht unerwähnt bleiben. Zunächst ist zu bemerken, daß die Unternehmer oder die Gesellschaft, die solche Fahrt betreibt, jede Concurrenz ausschließt, da unmöglich in den vielfach sehr engen Fahrrinnen mehrere Ketten oder Seile neben einander gelegt werden dürfen. Selbst in dem Fall, daß hierzu der nöthige Raum vorhanden sein sollte, verbietet sich dieses durch die Besorgniß, daß leicht eine Kette auf die andre niedersinken könnte, wodurch die Fahrt des einen Schiffs gehemmt würde. Sodann wird der Betrieb von Fährn, die an einem quer über den Strom gespannten Seil bewegt werden, bei Einführung der Warpschiffahrt unmöglich. Es fehlt zwar nicht an Vorschlägen, die Warpkette vor dem Fährseil, das jedenfalls über derselben liegen muß, fallen zu lassen und später wieder aufzunehmen, doch sind die unvermeidlichen Störungen dabei zu groß und zu bedenklich, als daß man davon Gebrauch machen könnte. Es bleibt schließlic nur übrig, alle Fährn mit Gier-Vorrichtungen zu versehen und die Bestimmung zu treffen, daß dieselben beim Vorübergange eines Warpschiffs immer an demjenigen Ufer liegen müssen, welches der Warpkette gegenüber sich befindet. Diese Aenderung ist aber oft für den Betrieb der Fährn höchst nachtheilig, denn zum schnellen Gieren gehört eine kräftige Strömung in der ganzen Breite des Flusses, die in vielen Fällen sich nicht darstellen läßt.

Das Ziehn einer Fähr am schlaffen Seil von einem Ufer zum andern ist eine Art von Warpschiffahrt, und in der That stimmen die dabei getroffenen Anordnungen zuweilen sehr nahe mit dieser überein. In England bestanden schon vor der Ausbildung der Warpschiffahrt dergleichen Fährn, die durch Dampfmaschinen getrieben wurden. Die älteste derselben wurde bei Dartmouth in Devonshire über den Dart ums Jahr 1831 eingerichtet. Sechs Jahre später baute Rendel eine solche über den Hamoaze zwischen Torpoint in Cornvallis und Devonport. Bei Hochwasser maas hier die Entfernung zwischen den beiderseitigen Ufern 2550 Fufs und die Tiefe an einer Stelle, welche die Fähr passirte, 96 Fufs. Zum Betrieb der letztern waren zwei Ketten aus ein-

zölligen Eisenstäben quer über den Strom gezogen. Um dieselben in angemessener Spannung fortwährend zu erhalten, waren sie nicht an beiden Enden unwandelbar befestigt, sondern das eine Ende jeder Kette lief über eine Rolle in einen Brunnen und war hier mit dem Gewicht von 5 Tons oder ungefähr 100 Centner beschwert. Auf beiden Seiten des Fährschiffs befanden sich gusseiserne Räder von 8 Fuß Durchmesser. Dieselben wurden durch eine Dampfmaschine bewegt und waren mit Rillen versehen, welche den Kettengliedern entsprechend abwechselnd verbreitet und vertieft waren, so daß die Ketten sicher gefaßt wurden und nicht gleiten konnten. Es muß noch bemerkt werden, daß diese Fährstelle nicht nur der starken Strömung bei Fluth und Ebbe, sondern auch einem so heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist, daß die in der Nähe ankernden großen Schiffe oft vertreiben. *)

Eine andre Fähre, die dieser sehr ähnlich ist, vermittelt den Verkehr über die weite und tiefe Meeresbucht, Southampton-Water genannt.

Als die Warpschiffahrt vor etwa fünfzehn Jahren zuerst auf mehreren Flüssen in Frankreich eingeführt wurde, benutzte man gewöhnliche Ketten. Fig. 248 *a* auf Taf. XXXI. zeigt in der Ansicht von oben das Boot Ville-de-Sens, das zum Schleppen der Schiffe auf der obern Seine im Jahr 1860 erbaut wurde.**) Es ist ein eisernes Boot, 130 Fuß lang, $23\frac{1}{2}$ Fuß breit. An beiden Enden ist es mit Steuerrudern versehen, die aber wegen der darüber laufenden Ketten nicht in gewöhnlicher Art bewegt werden können, vielmehr sind sie unmittelbar über dem Deck mit je einem horizontalen Rad verbunden, und über dieses, so wie über ein gleiches an der Achse eines horizontalen Ruderrades ist eine Kette geschlungen, die in die Vertiefungen beider Rillen fest eingreift und daher nicht gleiten kann.

Die Winde, welche die Warpkette faßt, besteht aus zwei eisernen Trommeln von 3 Fuß Durchmesser. Auf dem Mantel jeder derselben befinden sich fünf Rillen, worin die Kette liegt. Letztere ist also um jede Trommel fünfmal geschlungen, und zwar

*) *Transactions of the Institution of civil Engineers.* Vol. II. 1838. pag. 213.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1863. II. pag. 249.

immer um einen Halbkreis. Eine Ueberkreuzung beim Uebergang findet nicht statt. Die Kette wird aber, wenn sie auch nur über je 4 Rillen läuft, so fest gehalten, daß sie nicht gleitet. An den Achsen beider Trommeln befinden sich gleiche Zahnräder, in welche ein gemeinschaftliches Getriebe eingreift, das von den beiden Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt wird. Hierdurch werden beide Trommeln in gleicher Richtung gedreht, und da sie gleiche Gröfse haben, so wird die Kette in allen Punkten, wo sie aufliegt, in gleicher Weise angezogen.

Die Kette, welche aus Rundeisen von $10\frac{1}{2}$ Linien Stärke geschmiedet ist, wird über das Deck in zwei mit Eisen gefütterten Rinnen von den obern Scheiteln der beiden Trommeln bis gegen die Enden des Boots hin- oder zurückgeführt, man läßt sie aber nicht über den Bug frei herabfallen, weil sie sonst die Ruder fassen könnte, vielmehr setzt sich die Führung an jedem Ende noch über eine zweite, und zwar eine bewegliche Rinne, fort. Jede der letztern ist an eine im Deck stehende Achse befestigt und ruht außerdem auf zwei kleinen Rollen, die auf den Kreisschienen an den Enden des Decks laufen. Zur Vermittlung des Uebergangs der Kette aus der festen in die bewegliche Rinne sind neben jener Drehungsachse noch zwei niedrige verticale Rollen aufgestellt, zwischen welchen die Kette liegt. Indem man die äußern Theile der Rinnen beweglich machte, was bei andern Böten nicht der Fall ist, so wurde dadurch das Verschieben der Kette auf dem Grund wesentlich vermindert. Die Figur stellt das Fahrzeug vor, wie es in der Richtung des Pfeils in einer scharf links gekehrten Krümmung sich bewegt. Beide Ruder sind so gestellt, daß sie das Boot nach der rechten Seite drängen, während die beweglichen Rinnen der Richtung der Kette folgen.

Jede der beiden Dampfmaschinen entwickelt 20 Pferdekkräfte, und beide setzen gemeinschaftlich jenes Getriebe in Bewegung. Letzterem können jedoch durch Einrücken andrer Zwischenräder zwei verschiedene Geschwindigkeiten gegeben werden, so wie auch selbstverständlich die Drehung beliebig in einer oder der andern Richtung dargestellt werden kann. Die grösste Geschwindigkeit die das Schiff ohne Anhang in stehendem Wasser annimmt, mißt nahe 1 Meile in der Stunde. Gegen den Strom, und besonders

wenn mehrere Frachtschiffe angehängt sind, bewegt es sich aber viel langsamer.

Fig. 248 *b* zeigt ein Warpschiff, welches sich von den sonstigen wesentlich dadurch unterscheidet, daß die Kette nicht über die ganze zu durchfahrende Strecke des Flusses gezogen ist, sondern nur unter dem Fahrzeug auf dem Grund aufliegt. Es tritt dabei der wesentliche Vortheil ein, daß man die kostbare lange Kette entbehrt. Robertson liefs sich im Jahr 1858 auf diese Einrichtung in England ein Patent ertheilen und zeigte durch den Versuch mit einem Canalschiff die Brauchbarkeit seiner Erfindung.*)

Es ist eine Kette, deren beide Enden verbunden sind, oder eine sogenannte Kette ohne Ende. Sie ist, wie in Fig. 248 *a*, wieder mehrfach über zwei Trommeln geschlungen, die von einer Dampfmaschine in gleicher Richtung gedreht werden. Diese Trommeln stehn aber möglichst nahe am vordern Ende des Schiffs, damit die Kette, wenn sie sich hier abwindet, von selbst auf die Sohle des Canals herabfällt. Indem sie in hinreichender Länge auf dieser liegt, bildet die Reibung einen so kräftigen Widerstand, daß das Schiff dagegen fortgezogen werden kann. Um die Berührung möglichst weit auszudehnen, erstreckt sich eine Rinne mit einer Rolle am Ende über das Hintertheil des Fahrzeugs. Die Kette liegt in dieser und wird durch sie so geführt, daß sie mit dem Ruder nicht in Berührung kommt. Aus dieser Beschreibung, wie auch aus der Zeichnung, ergiebt sich, daß das Schiff nach vorn gezogen wird, wenn man die Kette unter demselben in der entgegengesetzten, durch den Pfeil angegebenen Richtung aufzieht.

Robertson hatte mit dieser Vorrichtung ein Schiff von 70 Fuß Länge und 7 Fuß Breite versehen. Von der Kette wog der laufende Fuß nahe 7 Pfund, und es ergab sich, daß wenn 66 Fuß derselben auf der Canalsohle lagen, sie bei einem Zug von 880 Pfund noch nicht in Bewegung gesetzt wurden. Das Schiff fuhr mit der Geschwindigkeit von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde. Es liefs sich dabei sehr sicher steuern, und wenn die Maschine plötzlich angehalten wurde, so schofs es nur etwa um seine halbe Länge vor und lag alsdann so fest, wie vor zwei Ankern.

Auf einigen Englischen Canälen soll diese Erfindung, die

*) *Civil Engineer and architect's Journal*. Vol. XXII. pag. 408.

unbedingt wegen des Fortfalls der langen Warpkette höchst beachtenswerth ist, in Anwendung gekommen sein, doch ist darüber nichts Näheres bekannt geworden. Jedenfalls ist sie nur brauchbar, wenn die Tiefe sehr gleichmäfsig und nicht grofs ist. Wäre das Erste nicht der Fall, so hätte die Kette auf den flachen Strecken eine zu grofse Länge und würde sonach nicht lang ausgezogen, sondern klumpenweise auf der Sohle liegen. Beim Anheben oder Anziehn würde sie daher nicht sogleich den nöthigen Widerstand leisten, sondern sie müfste, ehe dieses geschieht, zunächst in der erforderlichen Länge gestreckt werden, und die hierauf verwendete Kraft wäre für die Bewegung des Schiffs verloren. Bei jenem, von Robertson angestellten Versuch wurde bemerkt, dafs das Schiff eben so schnell fortging, wie die Kette angewunden wurde. Die Canalstrecke, die man benutzte, hatte also eine sehr gleichmäfsig Tiefe und die Kette die entsprechende Länge. Wird die Tiefe aber gröfser, so vermindert sich die Länge, in welcher die Kette auf dem Grund liegt, dieses geschieht auch, wenn man eine längre Kette wählt, weil der beim Anziehn der Kette abgehobne Theil derselben sich vergrößert.

Diese Uebelstände sind wohl Veranlassung gewesen, dafs diese Anordnung, die ihrer Einfachheit wegen gewifs Berücksichtigung verdiente, so wenig Eingang gefunden hat, dafs sie fast unbekannt geblieben ist. Dagegen hat die Warpschiffahrt in neuster Zeit die wesentliche Aenderung erfahren, dafs man statt der Kette ein Drahtseil auf die Sohle des Flußbetts legte. Der grofse Vorzug dieses neuen Systems vor dem frühern besteht in der Wohlfeilheit, da das Gewicht eines Drahtseils nur den siebenten bis sechsten Theil des Gewichts einer Kette von gleicher Länge und gleicher Widerstandsfähigkeit beträgt. Dieses rührt theils von der gröfsern absoluten Festigkeit der Drähte und theils davon her, dafs beim Schmieden der Ketten leicht versteckte Fehler vorkommen, welche die Festigkeit wesentlich vermindern. Die Kette kostet durchschnittlich viermal soviel als das Drahttau. Dazu kommt noch, dafs die Kette beim Herabfallen wie beim Anheben aus dem Grund sich leicht verschlingt, oder sogenannte Kinke schlägt, das heifst, einzelne Glieder legen sich nicht in die Richtung der Kette, sondern stellen sich verkehrt, wodurch leicht ein Bruch veranlaßt wird, auch die

Kette in die Rille nicht regelmässig sich einlegt. Bei dem steifen Drahttau kann eine solche Unregelmässigkeit nie vorkommen.

Brüche können so wenig in dem Seil, wie in der Kette unbedingt vermieden werden. Für letztere hat man besondere Schaa-ken in Bereitschaft, die eingeschaltet und durch Schrauben geschlossen werden, dieselben unterbrechen aber die Gleichmässigkeit der Kette, und wenn man in solchem Fall ein gewöhnliches Glied einsetzen und durch vollständiges Schweissen schliessen wollte, so würde dieses einen sehr langen Aufenthalt verursachen. Wenn das Seil in dieser Beziehung auch keinen Vorzug hat, so steht es doch der Kette nicht nach. Man dreht die einzelnen Eisenfäden beider Enden auf einige Fufs Länge auf und schlingt sie regelmässig in einander oder splist sie zusammen wie Hanftaue.

Das Drahttau, welches für die Warpschiffahrt auf der Maafs zwischen der Mündung der Sambre und Lüttich versenkt wurde, war $9\frac{1}{3}$ Meilen lang, während die Länge des Fahrwassers noch nicht voll 9 Meilen maafs. Gewöhnlich nimmt man an, dass die Windungen des Seils oder der Kette eine Mehrlänge von 4 bis 5 Procent bedingen. Der Durchmesser des Seils war 11,5 Linien und es bestand aus 42 Drähten von 1,3 Linien Stärke. Seine absolute Festigkeit stellte sich nach den Proben auf 29,000 Pfund, der Zug, dem es ausgesetzt wird, beträgt aber wenig über 4000 Pfund.

Mit Rücksicht auf die Dauer scheint die Kette vor dem Drahtseil den Vorzug zu haben, doch ist die Benutzung des letztern zu neu, als dass man ein sichres Urtheil darüber schon sich bilden könnte. Gewiss darf man aber mindestens 5- bis 6-jährige Dauer erwarten.*)

Indem die Glieder der Kette abwechselnd in einer und der andern Richtung vortreten, so lässt sich eine solche in den Rillen der beschriebnen Trommeln leicht so sicher fassen, dass ein Gleiten unmöglich ist. Beim Drahtseil findet dieses aber um so weniger statt, als seine Oberfläche mit der Zeit sich glatt abschleift. Um dasselbe daher mittelst eines von der Dampfmaschine getriebnen

*) Die vorstehenden Angaben sind grossentheils aus dem Schriftchen von A. Buquet entnommen: *Touage sur cable métallique, système Mesnil*. Paris 1869.

Rades anzuziehn, muß letzteres mit besonderen Vorrichtungen versehen sein. Beim Fowlerschen Rade, das zum Fassen des Drahtseils gewöhnlich benutzt wird, geschieht dieses dadurch, daß die Rille, worin das Seil sich einlegt, durch eine große Anzahl von Klappenpaaren gebildet wird. Es befinden sich deren bis fünfzig und oft noch mehr im Umfang des Rades. Die wesentliche Einrichtung derselben zeigt Fig. 248 d. Jede Klappe dreht sich um eine starke eiserne Achse, doch muß dafür gesorgt werden, daß die Klappen nicht zu weit zurückfallen, oder die Rille sich so öffnet, daß das Seil nicht mehr von ihnen gefaßt wird. Nimmt letzteres die hier gezeichnete Lage gegen die Achsen der Klappen an, so zerlegt sich der Druck, den es in radialer Richtung gegen das Rad ausübt, in zwei starke Seitenpressungen auf jene Achsen, von denen jede um den dritten Theil größer ist, als der erwähnte Druck. Letzterer ist aber nicht unbedeutend, indem er nicht nur dem Gewicht des angehobnen Seils entspricht, sondern auch durch den Zug zur Fortbewegung des Schiffs verstärkt wird. In dieser Weise faßt jedes Klappenpaar das Seil sehr sicher, und die sämtlichen Paare, die gleichzeitig wirken, halten es so fest, daß es nicht mehr gleiten kann. Sobald aber das Seil eine Richtung annimmt, wobei der Druck auf das Rad aufhört, so wird es auch von den Klappen nicht mehr gehalten, und diese öffnen sich sogar von selbst in der abwärts gekehrten Hälfte des Umfangs vom Rade.

Nach Fig. 248 c befanden sich in der Mitte des Warpschiffs, und zwar zur Seite desselben, drei Räder. Das mittlere ist ein Fowlersches, während die beiden andern mit festen Rillen versehen sind, und nur zu Zu- und Abführung des Seils dienen. Das erste wird allein durch die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, damit aber die beiden untern Räder das Seil gehörig aufnehmen, so wird es denselben noch durch zwei Rollen zugeführt, die frei herabhängen, also aus jeder Richtung, die das Seil nach Umständen hat, dasselbe sicher fassen. Das Schiff fährt, ohne gedreht zu werden, abwechselnd nach einer Seite und der andern Seite, und ist daher an beiden mit Rudern versehen, die mit dem Seil nicht in Berührung kommen. Der Umstand aber, daß das Seil nicht in der Achse des Schiffs, sondern an der Seite angewunden wird, verursacht bei der kräftigen Steuerung keinen sonstigen Nachtheil, als daß ein geringer Theil

der Zugkraft dadurch verloren wird. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes hat man indessen auch vorgeschlagen, zwei gekuppelte Schiffe zu benutzen, zwischen welchen das Seil hindurchgeleitet wird. Der dadurch erreichte Vortheil dürfte indessen die Mehrkosten kaum rechtfertigen, während dabei auch die Solidität der Verbindung, namentlich in Rücksicht auf das Bugsiren der angehängten Frachtschiffe, leiden würde.

Schliesslich muss noch erwähnt werden, dass man dem Fowler'schen Rade auf den Warpschiffen zuweilen auch eine horizontale statt der verticalen Lage giebt, wobei einige Vorthelle in der ganzen Anordnung sich herausstellen sollen, während die Klappen - Paare in entsprechender Art angeordnet sind und nahe mit derselben Kraft wirken.

§. 59.

Ueberwindung starker Gefälle.

Der Mangel an hinreichender Tiefe des Fahrwassers muss, wie bereits erwähnt, als das wesentlichste Hinderniss einer geregelten Schiffahrt angesehen werden, demnächst sind aber starke Stromschnellen oder Cataracten gleichfalls so hinderlich, da sie die Schiffahrt in vielen Fällen sehr erschweren und zuweilen sogar vollständig unterbrechen. Beide Arten von Schiffahrts-Hindernissen stehn häufig in naher Beziehung zu einander, denn die grosse Geschwindigkeit des Stroms und die geringe Tiefe des Fahrwassers sind gegenseitig Ursache und Wirkung. Wo starke Ablagerungen in der vollen Breite des Betts sich gebildet haben, findet oberhalb derselben ein Aufstau statt, bis das zur Abführung der ganzen Wassermenge erforderliche Gefälle sich gebildet hat, und umgekehrt kann der starke Strom, wenn er durch das grosse Gefälle veranlasst wird, nur ein kleines Profil füllen, in welchem daher oft die Wassertiefe nur geringe ist.

Beide Uebelstände lassen sich, abgesehen von den Methoden der eigentlichen Stromregulirung (§ 20), durch künstliche Stauanlagen gleichzeitig entfernen. Ein Wehr, welches unterhalb der Stromschnelle erbaut wird, hebt nicht nur die heftige Strömung

darin auf, sondern staut auch das Wasser so hoch an, daß die hinreichende Fahrtiefe sich in dem Strombett oder auch über einzelnen Felsbänken bildet, welche dieses durchsetzen. Man beseitigt indessen auf diese Art keineswegs das starke Gefälle, sondern concentrirt es vielmehr auf eine noch kürzere Strecke, nämlich auf die Breite des Wehrs. In seltenen Fällen gehn die Schiffe unmittelbar über die Wehre, doch geschieht dieses ausnahmsweise, woher fast jedesmal besondere Vorkehrungen getroffen werden, um die Schifffahrt neben den Wehren nicht zu unterbrechen.

Das sicherste und bequemste Mittel, um das Schiff aus einem höhern auf einen niedrigeren Wasserspiegel zu senken, oder umgekehrt, aus diesem auf jenen zu heben, bietet die Kammerschleuse. Dieselbe ist ein so wichtiger Bau, daß davon in einem besondern Abschnitt die Rede sein wird. Hier soll nur das Wesentlichste ihrer Einrichtung mit wenig Worten angedeutet und mitgetheilt werden, welche Bedingungen bei einer Schleusen-Anlage im Strom oder neben demselben zu berücksichtigen sind.

Die Kammerschleuse bildet, wie schon der Name besagt, eine Kammer oder ein Bassin, das eben sowohl gegen das Oberwasser, wie gegen das Unterwasser abgeschlossen, und andererseits auch wieder mit dem einen oder dem andern in Verbindung gesetzt werden kann. Die Kammer ist so groß, daß sie ein Schiff, zuweilen auch mehrere zugleich faßt, und ihre Zugänge zum Ober- und Unterwasser sind weit genug, um die Schiffe hindurchzulassen. Das Gefälle des Wehrs oder des natürlichen Wassersturzes stellt sich an der Schleuse gleichfalls dar, und es concentrirt sich an derjenigen Mündung derselben, die geschlossen ist. Man kann aber eine oder die andre schließen, und sonach in der Kammer beliebig den Ober- oder Unter-Wasserstand darstellen. Wenn ein Schiff stromauf- oder abwärts fährt und an die Schleuse kommt, so wird der Wasserspiegel in der Kammer auf die Höhe desjenigen Wasserspiegels gebracht, worauf das Schiff schwimmt. Hierauf öffnet man die dem Schiff zugekehrte Mündung der Schleuse und das Schiff tritt in dieselbe hinein. Während dieser Zeit bleibt die Stauwand in der andern Mündung der Schleuse in Wirksamkeit und bildet die Grenze zwischen Ober- und Unterwasser. Sobald das Schiff in der Kammer ist, wird diejenige Mündung, durch welche das Schiff hineingefahren war, geschlossen, und das Gefälle durch

langsames Zu- oder Ablassen des Wassers auf sie übertragen. Ist dieses geschehn, so steht das Wasser in der Kammer eben so hoch, als das Wasser im Strom an derjenigen Seite des Wehrs, wohin das Schiff gerichtet ist. Letzteres kann also ungehindert seinen Weg fortsetzen.

Bei der Anlage von Kammerschleusen neben dem Strom sind manche Umstände zu berücksichtigen. Vor allen Dingen muß man dafür sorgen, daß die Schleuse nicht selbst ein Schiffahrts-hinderniß wird. Am nachtheiligsten ist sie, wenn sie zu enge, oder in der Kammer zu kurz ist, weil sie alsdann bei allen Wasserständen den Durchgang größerer Schiffe unmöglich macht, und der Betrieb auf die Benutzung kleiner Fahrzeuge sich beschränkt. Andererseits sind Schleusen auch häufig in sofern sehr hinderlich, als ihr Boden zu hoch liegt, und sonach die Schiffe zur Zeit des kleinen Wassers sie nicht passiren können. Dieser Uebelstand zeigt sich besonders in den stromabwärts gekehrten Mündungen der Schleusen oder auf den Unterdrempeln. In den obern Mündungen ist der Mangel an Wassertiefe seltner, und eine Abnahme der letztern kann hier auch nur eintreten, wenn der Stau des Wehrs vermindert wird, was nicht leicht geschieht.

Im Unterwasser tritt häufig eine auffallende und höchst nachtheilige Senkung ein. Zuweilen wird dieselbe durch die Abnahme der Zuflüsse während der trocknen Jahreszeit herbeigeführt, indem die atmosphärischen Niederschläge bei der zunehmenden Cultur des Bodens schneller dem Strom zufließen, als sonst geschah, wo das Wasser in ausgedehnten Sümpfen und im Schutz des Laubes der Waldungen lange Zeit hindurch zurückgehalten wurde und nachhaltig reiche Quellen speiste. Am häufigsten erfolgt die Senkung aber in Folge der Regulirung des Stroms. Jede Untiefe ist zur Zeit des kleinen Wassers nichts Andres, als ein natürliches Wehr, sobald man sie daher beseitigt, ohne zugleich für eine angemessne Beschränkung der Breite des Profils zu sorgen, so hört der frühere Stau auf und der Wasserspiegel senkt sich. Oft nimmt man bei Strom-Correctionen auf diese Verminderung des Wasserstandes nicht Rücksicht, woher alsdann die Pegel oberhalb der regulirten Strecken geringre Höhen, als früher, angegeben (§ 20). Wenn eine solche Aenderung auch sonst nicht als nachtheilig angesehen werden kann, so ist doch ihr Einfluß auf eine oberhalb belegne Schleuse höchst

schädlich, indem diese vergleichungsweise zum niedrigsten Wasserstand eine höhere Lage als früher erhält, und sich oft so sehr über das Unterwasser erhebt, daß während niedriger Wasserstände kein beladnes Schiff durch die Schleuse gehn kann. Wenn daher eine Schleuse neu angelegt oder ausgebaut wird, muß man die unterhalb belegne Stromstrecke sorgfältig in Bezug auf den Effect der darin möglichen Correctionen untersuchen. Vor Allem ist dabei ein genaues Nivellement zur Zeit des kleinen Wassers nothwendig. Man vergleicht das gefundne absolute Gefälle mit demjenigen, welches sich herausstellen würde, wenn das relative Gefälle überall nicht größer wäre, als es in den bereits corrigirten oder in denjenigen Strecken ist, die keiner Correction bedürfen. Diese Untersuchung ergiebt, wie tief der Wasserspiegel sinken kann, wenn später die Regulirung des Stroms ausgeführt wird, und bei dem Neubau muß man daher die Schleuse so tief legen, daß die Schiffe unter dieser Voraussetzung noch über den Drempel fortgehn können. Häufig bildet diejenige Schleuse, welche umgebaut wird, das größte Schiffahrtshinderniß im ganzen Strom. Durch Entfernung desselben wird sonach ein vortheilhafter Schiffahrtsbetrieb möglich, der sogleich neue Wünsche hervorruft und Veranlassung zu Strom-Correctionen giebt, die früher nicht nöthig gewesen waren. Man muß daher bei jeder Verbesserung dieser Art schon darauf Rücksicht nehmen, daß eben dadurch auch das Bedürfnis gesteigert wird und jeder Fortschritt Veranlassung zu neuen Verbesserungen ist, bis endlich die natürliche Beschaffenheit der Stroms allen fernern Anforderungen eine Grenze setzt.

Während des Umbaus und selbst während der Reparatur einer Schleuse pflegt die Schiffahrt gesperrt zu werden. Bei Canälen ist dieses in vielen Fällen wenig erheblich, insofern schon aus andern Gründen zeitweise Unterbrechungen des Verkehrs eintreten müssen. Auf Strömen ist die Schiffahrt aber nur zur Zeit der höchsten Wasserstände und während des Frostes unterbrochen, wobei Reparaturen nicht ausführbar sind. Hiernach ist es sehr vortheilhaft, wenn zwei Schleusen neben einander erbaut werden. Während alsdann die eine in Stand gesetzt oder umgebaut wird, passiren die Schiffe die andre. Wenn man aber diese Maafsregel wegen der sehr bedeutenden Mehrkosten nicht ergreifen kann, so

ist es doch nöthig, die Baustelle für die zweite Schleuse sogleich bei Anlage der ersten vorzubehalten.

Im Strombett selbst kann die Schleuse nicht füglich liegen, weil sie zu sehr dem Angriff des Stroms und Eises ausgesetzt wäre. Außerdem aber würde sie hier auch in sofern eine unpassende Lage haben, als die in der Thalfahrt begriffnen Schiffe, sobald ein bedeutender Strom über das Wehr stürzt, leicht durch diesen gefaßt und auf das Wehr getrieben werden könnten.

Beinahe jedesmal befindet sich die Schleuse in einem Canal zur Seite des Stroms. Dieser Canal liegt am passendsten auf derselben Seite, wo der Leinpfad ist, weil man sonst oberhalb und unterhalb des Wehrs die Schiffe quer über den Strom führen müßte, was beschwerlich und oft gefährlich ist. Zuweilen liegt der Schleusen-Canal in der Sehne einer Serpentine, und in diesem Fall hebt diese Schleuse nicht selten nur das natürliche Gefälle des Stroms in der Krümmung auf, ohne daß eine künstliche Stau-Anlage darin vorkommt. Ein Beispiel dafür ist der theilweise unterirdisch geführte Kanal St. Maur in der Marne oberhalb Paris. In diesem Fall ist die Länge des Schleusen-Canals gegeben, sonst aber kann man diese, so wie auch die Lage der Schleuse selbst und die ganze Anordnung in verschiedner Weise bestimmen. Hierbei sind indessen manche Umstände zu berücksichtigen, die wesentlichen Einfluß auf die Anlage- und Unterhaltungskosten, so wie auf die Bequemlichkeit und Sicherheit der Schiffahrt haben.

Es darf kaum erwähnt werden, daß man aus Rücksicht auf Kosten-Ersparung den Canal in möglichst geringer Länge darstellt, seine beiden Mündungen müssen aber jedenfalls weit genug vom Wehr entfernt sein, um bei höhern Wasserständen, wenn ein starker Strom über dieses stürzt, die Schiffe keiner Gefahr aussetzen. Gebirgsströme, die viel Material, und zwar groben Kies, mit sich führen, pflegen solchen in großen Bänken unterhalb des Wehrs abzulagern, so daß hier bei kleinem Wasser die hinreichende Fahrtiefe nicht leicht erhalten werden kann. Es ist vortheilhaft, solche Stellen durch den Schleusen-Canal zu umgehn und diesen so weit zu führen, bis der Strom wieder zwischen regelmässigen Ufern fließt. Eine andre Rücksicht, die man bei Bestimmung der Lage des Schleusen-Canals zu nehmen hat, die auch seine Länge

bedingt, bezieht sich auf die Weite des Fluthprofils. Der Canal selbst darf nämlich vom Hochwasser nicht durchströmt werden, weil dadurch sowohl in ihm, wie in der Schleuse starke Verflachungen, auch andre Beschädigungen veranlaßt würden. Dasselbe ist auch zu befürchten, wenn unterhalb der Schleuse ein starker Strom über das Ufer in das weit geöffnete Profil des Canals tritt. Hiernach empfiehlt es sich, den Schleusen-Canal in wasserfreies Terrain zu verlegen, was jedoch vielfach nicht möglich ist.

Die Schleuse findet die passendste Stelle nahe oberhalb der Ausmündung des Canals, weil derjenige Theil des letztern, der oberhalb der Schleuse liegt, noch mit Oberwasser gefüllt wird, und sonach weniger tief als der Unter-Canal ausgegraben werden darf. Dieser Anordnung treten indessen oft andre wichtige Rücksichten entgegen. Durch den höhern Wasserstand kann nämlich der Abfluß von Bächen gestört, auch wohl die Inundation der nächst gelegnen Ländereien veranlaßt werden. Endlich ist die Wahl der Schleusenbaustelle häufig durch die Beschaffenheit des Grundes und andre locale Rücksichten so bestimmt vorgezeichnet, daß man gezwungen ist, den Ober-Canal abzukürzen und dem Unter-Canal eine größere Ausdehnung zu geben.

Der Ober-Canal wird gemeinhin so verbreitet, daß mehrere Schiffe hier sicher liegen können, ohne den heraufkommenden Schiffen den Weg zu sperren. Außerdem ist aber eine ansehnliche Profilweite dieses Canals auch insofern nothwendig, als er die Schleuse speist, und das Wasser in ihm beim Oeffnen der Schütze weder stark gesenkt, noch auch in heftige Strömung versetzt werden darf. Das Oberwasser fällt gemeinhin oberhalb der Schleuse beim Oeffnen der Schütze um einige Zolle, zuweilen aber noch tiefer und wohl um einen ganzen Fuß. In dem ältern, ziemlich schmalen und sehr langen Schleusen-Canal bei Mühlheim an der Ruhr geschah dieses so stark, daß die Schiffe bei kleinem Wasser alsdann nicht mehr schwammen, sondern auf dem Grunde lagen.

Im Unter-Canal verursacht das Oeffnen der Schütze eine ganz entgegengesetzte Wirkung. Das Wasser sinkt daselbst nämlich nicht, sondern steigt, was ohne Nachtheil ist. Dabei entsteht indessen eine Strömung, die um so stärker wird, je enger der Canal ist. Auch ist es für den Schiffsverkehr nachtheilig, wenn

die nöthige Breite zum Ausweichen zweier Schiffe hier fehlt. Wenigstens in der Nähe der Schleuse muß hinlänglicher Raum bleiben, damit die in der Bergfahrt begriffnen Schiffe den Eintritt in die Schleuse abwarten können, ohne den herabkommenden hinderlich zu werden. Es giebt indessen einen andern Grund, der die Annahme einer überflüssigen Breite, falls dieselbe auch leicht darzustellen wäre, für den Unter-Canal verbietet. Beide Mündungen des Schleusen-Canals sind nämlich, insofern sie nur vorübergehend durchströmt werden, der Verflachung ausgesetzt, sie nehmen daher, wie jede andre Bucht zur Seite des Stroms, in welche derselbe nicht eindringt, allen Sand und Kies auf, der von dem durchfließenden Wasser hineingetrieben wird. Außerdem setzen sich beide Canäle in ihrer ganzen Länge bei allen Veränderungen des Wasserstandes mit dem Ober- und Unterwasser ins Niveau. Bei jeder Anschwellung tritt daher trübes Wasser in sie hinein, welches, nachdem die Canäle gefüllt sind, zur Ruhe kommt, und alle erdigen Theilchen darin absetzt, so haß es beim spätern Sinken des Wasserstandes im Strom vollkommen klar abfließt.

Beide Ursachen der Verflachung kommen zwar eben sowohl im Ober-Canal, wie im Unter-Canale vor, ihre Wirkungen sind aber nicht gleich groß, sondern im letzten viel bedeutender. Im Oberwasser ist nämlich die Strömung wegen der Anstauung durch das Wehr nur mäßig, daher wird weniger Material in die obere Mündung hineingeführt. Andererseits ist der Wechsel des Wasserstandes oberhalb des Wehrs auch viel geringer, als unterhalb desselben, daher füllt sich der Ober-Canal bei jeder Anschwellung in geringerem Maasse, als der Unter-Canal. Die Erfahrung bestätigt dieses vollständig. Die Verflachungen in den Unter-Canälen sind allgemein viel bedeutender, und namentlich sind sie in den Mündungen selbst so groß, daß man hier häufig und bei manchen Anlagen sogar nach jedem Hochwasser Aufräummungen vornehmen muß. Besonders findet dieses statt, wenn die Unter-Kanäle sehr lang und breit sind, auch wohl das Hochwasser von der Seite in sie hineintritt. Manche Baumeister empfehlen daher, die Mündungen der Unter-Canäle so schmal zu halten, daß nur eben ein Schiff hindurchgehn kann, auch öffnet man zuweilen während des höhern Wassers die Schütze in den Schleusenthoren, um einen starken Strom hervorzubringen, der die Mündung wieder vertieft.

Dieses ist indessen insofern bedenklich, als dadurch große Quantitäten trübes Wasser in den Canal geführt werden, die leicht in dessen ganzer Länge mehr Sand und Erde niederschlagen, als sie aus der Mündung treiben.

Wenn die vorstehend erwähnten Uebelstände auch möglichst beseitigt werden, so läßt sich der Aufenthalt doch nicht vermeiden, den die Schiffe beim Durchgang durch die Schleuse erfahren. Man kann freilich durch Anstellung von Knechten das Oeffnen und Schliessen der Thore und Schütze wesentlich beschleunigen, auch durch doppelte Besetzung der Schleusenwärter-Stellen während der Nacht die Arbeit fortsetzen, aber dennoch gelingt es wohl niemals, mehr als etwa 70 Fahrzeuge in 24 Stunden in derselben Richtung durchzuschleusen. Dieses würde freilich selbst bei sehr lebhaftem Verkehr genügen, wenn der Schiffahrts-Betrieb regelmässig stattfände, und nicht etwa auf gewisse Zeiten beschränkt wäre. Das letzte findet in vielen Fällen wirklich statt, und namentlich wenn der Strom bei kleinem Wasser wenig Tiefe hat, bei starkem Regen aber schnell anschwillt. So geschieht es z. B. auf der Ruhr, daß hunderte von Schiffen mit Kohlen beladen vor den verschiedenen Halden zum Abfahren bereit liegen, und sobald endlich das erwartete Hochwasser eintritt, das während des Sommers nur kurze Zeit und selten länger, als einige Tage anzuhalten pflegt, so fahren alle Schiffe zu gleicher Zeit ab und treffen vor den Schleusen zusammen, wo sie theilweise so lange aufgehalten werden, daß sie wegen des inzwischen eingetretenen kleinen Wasserstandes, nachdem sie endlich die Schleuse passirt haben, die Fahrt nicht weiter fortsetzen können.

Die Kammerschleuse ist indessen, wenn sie auch die größte Bequemlichkeit für die Ueberführung der Schiffe bietet, dennoch nicht das einzige Mittel zur Ueberwindung der starken Gefälle. Das § 57 angegebne Verfahren, dessen man sich besonders in Frankreich häufig bedient, um einen höhern Wasserstand periodisch darzustellen, und die zu Thal fahrenden Schiffe zugleich mit der angesammelten Wassermenge, also auf dem Rücken der Fluthwelle bis zum nächsten Stau herabzuführen, beruht gleichfalls auf Anlagen, welche den Uebergang der Schiffe aus dem Oberwasser in das Unterwasser möglich machen. Die Niveaudifferenz ist freilich gemeinhin in diesem Falle nicht bedeutend, weil der hindurchstürzende

Strom den Unterwasserspiegel sogleich hebt. Die Vorrichtungen, wodurch der Stau dargestellt und plötzlich aufgehoben, und diese Art dieses Schiffahrts - Betriebes möglich wird, sind nichts andres, als die beweglichen Wehre, von denen schon die Rede war (§ 47 und 48). Man benutzt indessen zu demselben Zweck auch andre Anlagen, die zum Theil nicht wesentlich von den beweglichen Wehren verschieden sind.

Dieses sind die Stauschleusen. Sie kommen nicht häufig vor und bestehn in Stauwänden, die das ganze Flußbett schliessen und mit Oeffnungen versehen sind, welche eine solche Breite haben, daß ein Schiff sie bequem passiren kann. Sie sind älter, als die Kammerschleusen, und haben wahrscheinlich die nächste Veranlassung zur Erfindung der letztern gegeben, indem diese eigentlich nur aus zwei nahe hinter einander liegenden Stauschleusen bestehn. Nach Woltman*) war die Stecknitz vom Möllner-See abwärts bis zur Mündung in die Trave schon früher mittelst drei Stauschleusen schiffbar gemacht, als in den Jahren 1391 bis 1398 der übrige Theil der Stecknitz von dem Möllner-See bis zur Elbe in gleicher Weise behandelt und mit zehn Stauschleusen versehen wurde.

Auch die Alster ist auf vier Meilen Länge von Hamburg aufwärts durch Stauschleusen schiffbar gemacht. Einen Querschnitt derselben zeigt Fig. 243 auf Taf. XXX., und zwar vom Unterwasser aus gesehn. Sie sind eigentlich Freiarchen und bestehn eben so wie diese aus Vor- und Hinterböden und Seitenwänden. Die Vorrichtung zum Schliessen der Oeffnung ist jedoch von den bisher beschriebnen verschieden. Zwei Thore, welche den gewöhnlichen Schleusenthoren ähnlich sind, drehn sich um verticale Achsen und lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten gegen eine über den Boden vortretende Schwelle, und oben gegen einen Spannriegel, der beide Seitenwände mit einander verbindet. Diese Thore sind zur Unterscheidung von den festen Verbandstücken in der Zeichnung schraffirt. Das gleichschenklige Dreieck, welches die geschlossnen Thore im horizontalen Durchschnitt bilden, hat bei den Schleusen in der Alster etwa den zwanzigsten Theil der Basis nur Höhe, während die Stemmthore bei gewöhnlichen Kammerschleusen, wie später angeführt werden soll, sich gegen die Schen-

*) Beiträge zur Schiffbarmachung der Flüsse. Seite 170.

kel eines Dreiecks lehnen, dessen Höhe mindestens dem vierten Theil der Basis gleich ist. Bei den Stauschleusen auf der Stecknitz liegen sogar die Flächen der beiden Thore in einer Ebene, oder die Höhe jenes Dreiecks ist gleich Null.

Eine andre Eigenthümlichkeit der Thore dieser Stauschleusen besteht darin, daß sie sich nicht unmittelbar berühren, sondern dazwischen eine Oeffnung bleibt, die durch ein Schütz geschlossen wird. Endlich sind die Thore auch nicht mit einem dichten Bohlenbelag verkleidet, sondern zwischen je zwei Stielen ist das Feld offen geblieben, und wird durch ein Schütz geschlossen. Auf diese Weise bestehn die Thore eigentlich nur aus Rahmen, und alle Stiele, so wie auch die Wendesäulen sind wie Griessäulen mit Nuthen versehen. In dieser Beziehung stimmen die Stauschleusen der Alster mit denen der Stecknitz überein. Will man sie öffnen, so hebt man ein Schütz nach dem andern aus, wozu die beiden darüber angebrachten Winden dienen, die mittelst durchgesteckter Hebel gedreht werden. Die Schütze befestigt man aber, sobald sie aus dem Wasser gezogen sind, mit Haken an die Thore. Nur das mittelste Schütz muß jedesmal ganz herausgenommen werden, doch wird dieses nur zur Zeit des kleinsten Wassers eingestellt, um den Strom nicht ganz zu sperren. Das Wasser ergießt sich, sobald die Schütze gehoben sind, durch die Oeffnungen zwischen den Stielen, und indem die letzten nur einen geringen Druck erleiden, so kann man mittelst Windevorrichtungen die Thore gegen den Strom öffnen.

Der Stau neben jeder Schleuse beträgt etwa 5 Fuß und in den zwischenliegenden Stromstrecken bleibt gewöhnlich noch ein bedeutendes Gefälle. Wenn ein Schiff durchgeführt werden soll, so geschieht dieses nicht unmittelbar nach dem Oeffnen der Thore, sondern man läßt zuerst das Wasser so lange hindurchströmen, bis das Gefälle in der Schleuse sich etwa auf die Hälfte ermäßigt hat.

Zur Erleichterung der Schifffahrt auf der Berkel, wovon schon § 57 die Rede war, sind gleichfalls mehrere Stauschleusen angelegt, und zwar eben sowohl im Holländischen, als in neuerer Zeit im Preussischen. Fig. 244 *a*, *b* und *c* zeigt die im Preussischen Gebiet unterhalb der Hühner-Brücke erbaute Stauschleuse. Die ganze Anordnung und Construction ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Zeichnung, zur Erleuterung derselben ist nur zu bemerken, daß die beiden Seitenöffnungen zur Abführung des

Hochwassers dienen. Ihre Breite misst 9 Fufs und sie sind gewöhnlich durch Schütze geschlossen, welche sich der Sicherheit wegen noch gegen Mittelstiele lehnen. Die mittlere, für den Durchgang der Schiffe bestimmte Oeffnung ist 12 Fufs 6 Zoll weit und wird durch Versatzbohlen geschlossen, welche mit Hülfe der darüber befindlichen Winde leicht gehoben werden können. Um das Durchbiegen dieser Bohlen zu verhindern, sind dahinter noch zwei Setzpfoften angebracht, die sich gegen einen Griesholm lehnen. Sobald ein Schiff durchgelassen werden soll, hebt man mittelst der Winde zuerst die Versatzbohlen aus, sodann die Setzpfoften und endlich den Riegel. Der Stau beträgt, wenn einige Bohlen eingesetzt sind, 3 bis 4 Fufs, während des Aushebens der verschiedenen Theile, welche die Oeffnung schliessen, vermindert er sich indessen schon, und die Schiffe dürfen daher keinen förmlichen Wassersturz, sondern nur eine starke Stromschnelle überfahren.

Den Stauschleusen ähnlich sind die Schiffsdurchlässe. Beide Benennungen werden häufig mit einander verwechselt und es möchte auch schwer sein, die unterscheidenden Merkmale scharf zu bezeichnen. Nach dem eingeführten Sprachgebrauch nennt man die Anlage einen Schiffsdurchlass, sobald das Gerinne eine grössere Längen-Ausdehnung hat und der Boden und die Seitenwände nicht nur dazu dienen, die Stauvorrichtung gegen Unterspülung zu sichern, sondern zugleich das Gefälle auf eine angemessene Länge zu vertheilen, also das relative Gefälle zu mässigen. Es folgt hieraus schon, dafs im Allgemeinen das absolute Gefälle des Stroms an den Stellen, wo Schiffsdurchlässe erbaut sind, grösser sein darf, als neben den Stauschleusen. Wenn aber auch beide, während sie geschlossen sind, einen gleich hohen Stau erzeugen, so ist dennoch ihr Gefälle zur Zeit des Durchgangs der Schiffe wesentlich verschieden. Bei der Stauschleuse wird nämlich schon vorher das Oberwasser stark gesenkt, beim Schiffsdurchlass behält dasselbe dagegen sehr nahe seinen frühern Stand. Die Wahl zwischen beiden Anlagen ist sonach theils durch die Wassermenge des Stroms, theils durch das Gefälle und die sonstigen Umstände bedingt, hierher gehört namentlich, dafs die grosse Wassermenge welche die Stauschleuse abführt, weiter abwärts den Wasserstand hebt, und dadurch den Uebergang über manche Untiefen erleichtert.

Beim Uebersturz über ein Wehr und in gleicher Weise auch

durch eine Stauschleuse nimmt das Wasser eine stark abwärts gerichtete Bewegung an. Diese setzt sich in Folge des Beharrungsvermögens des Wassers noch fort, sobald der Strahl das Niveau des Unterwassers erreicht hat. Es bilden sich daher Senkungen im Wasserspiegel, die so tief sind, daß das Unterwasser über dem herabstürzenden Strahl in entgegengesetzter Richtung zufließt und bis zu einer gewissen Entfernung sich der Stauvorrichtung nähert. Sobald dieser Gegenstrom aber an die Stelle gelangt, wo sein Gefälle geringer und durch die Mittheilung der Bewegung, oder durch die Adhäsion des Wassers seine Geschwindigkeit aufgehoben wird, so hört er plötzlich auf, während immer neue Wassermassen in gleicher Weise von ihm erfaßt werden, und er fortwährend an derselben Stelle verschwindet. Die ganze Erscheinung ist sehr auffallend. Der Hauptstrom zeigt die spiegelglatte Oberfläche, der Gegenstrom dagegen ist durch zahllose Wellen gekräuselt, welche die Richtung seiner Bewegung erkennen lassen. Außerdem treibt eine Menge Schaum an seiner Oberfläche, die Luftbläschen, woraus der Schaum besteht, können aber, weil sie zu leicht sind, nicht vom Hauptstrom in die Tiefe gerissen werden, bleiben also auf der Grenze zwischen beiden, und diese Grenze markirt sich daher gemeinhin noch deutlicher durch einen starken Schaumstrich.

Die herabfahenden Schiffe werden, wenn sie nicht stark beladen sind, und sonach keine große Masse haben, in ihrer Bewegung plötzlich merklich aufgehalten, sobald sie in den Gegenstrom treten. Minard erzählt,*) daß bei einem Hochwasser im Corrèze-Flusse ein großes leeres Schiff losgerissen und durch die Oeffnung im Wehre bei Brives getrieben wurde. Es blieb aber dicht dahinter im heftigsten Strom liegen, und zwar über fünf Stunden lang, indem der Gegenstrom, sobald es sich entfernte, es immer zurückführte und es dabei so heftig gegen das massive Wehr stieß, daß dieses stark beschädigt wurde. Minard beobachtete dieselbe Erscheinung auch an der Marne. Er fuhr in einem kleinen Nachen nach dem Stau bei St. Maur, und ließ sich bis an den Wassersturz ziehn. Der Nachen wurde durch den Gegenstrom am Herabtreiben verhindert, und blieb ruhig liegen. Die Ruder

*) *Cours de construction des ouvrages, qui établissent la navigation des rivières et des canaux.* Paris 1841. Seite 135.

durften nur selten benutzt werden, und zwar nur, um den Nachen in der Richtung des Stroms zu erhalten. Es trat eine hin- und hergerichtete gleichsam pendelnde Bewegung ein, die sich jedesmal so weit ausdehnte, bis der entgegenkommende Strom der Bewegung des Nachens eine andre Richtung gab. Dieser Versuch wurde auf eine volle Stunde ausgedehnt.

Bei Schiffsdurchlässen habe ich diesen Gegenstrom nie bemerkt. Er stellt sich wahrscheinlich deshalb nicht ein, weil der Hauptstrom sich schon der horizontalen Richtung nähert. Letzterer trifft aber eine Wassermasse, die eine viel geringere Geschwindigkeit hat, und der Stoss veranlasst einen Druck, der sich im vertikalen Aufsteigen des Wassers zu erkennen giebt. Es bildet sich daher eine hohe stehende Welle, die aber wegen der Störung des Gleichgewichts, die sie verursacht, sich nicht an einen horizontalen Wasserspiegel anschliessen kann, ihr folgt vielmehr ein ganzes System ähnlicher stehenden Wellen, deren Höhe jedoch sehr schnell abnimmt, so daß man gemeinhin nur etwa vier solche deutlich unterscheiden kann. Das herabfahrende Schiff wird auch in diesem Fall, wegen der plötzlichen Verminderung der Geschwindigkeit des Wassers, und noch mehr durch den Stoss gegen die stehende Welle sehr merklich in seiner Bewegung gehemmt.

Die Schiffsdurchlässe findet man am häufigsten, vielleicht ausschließlich im südlichen Deutschland. Zunächst mögen diejenigen beschrieben werden, die früher an der Lahn im Nassauischen benutzt wurden, und nothdürftig einigen Schiffahrtsbetrieb bis Weilburg möglich machten. Jetzt sind sie sämmtlich eingegangen und durch Schiffsschleusen ersetzt. Man nannte sie dort Lücken.

Die Schiffe, welche damals die Lahn befuhren, waren bei einer Länge von 72 Fufs beinahe 11 Fufs breit und 4 Fufs hoch. Sie luden 700 bis 800 Centner. Die dortigen Wehre verursachen bei den gewöhnlichen Wasserständen einen Stau von 4 Fufs oder etwas darüber, womit das Gefälle der Schiffsdurchlässe übereinstimmte. Letztere befanden sich in den Wehren selbst, indem ein Theil der Wehrrücken, etwa in der Länge von 20 Fufs fehlte, und durch eine hölzerne Rinne ersetzt war, in welcher die Schiffe herab- und herauffuhren. Die Länge der Rinnen betrug 25 bis 30 Fuss, woher sie eine Neigung von sechs- bis achtfacher Anlage hatten. In einzelnen Fällen war die Neigung jedoch bedeutend

flacher, doch reichte alsdann der Boden der Rinne nicht tief genug unter das Unterwasser herab, und es bildete sich noch ein merklicher Wassersturz daselbst, der den Durchgang der Schiffe sehr erschwerte.

Zum Abschlufs der Rinne während des kleinen Wassers dienten einige hochkantig gestellte Bohlen. Da dieselben jedoch in der Mitte einer Unterstützung bedurften, weil sie sonst gebrochen wären, so wurde in ein Loch im Fachbaume eine eiserne Stange eingesetzt, die man jedesmal ausheben mußte, ehe ein Schiff durchging. Dieses Ausheben, sowie das Wiedereinstellen der Stange und der Bohlen geschah von einem Nachen aus, der mittelst einer langen Leine weiter aufwärts am Ufer befestigt war.

Das Wasser strömte mit zunehmender Geschwindigkeit durch die Rinne, wie sich schon durch den verschiedenen Wasserstand in derselben zu erkennen gab. In dem stark geneigten Schiffsdurchlaß im Nieverner Wehre maafs ich den Wasserstand oben 26 Zoll, in der Mitte 18 Zoll und unten 9 Zoll. Die Messung mit einem Woltmanschen Flügel ergab die Geschwindigkeit oben 6,4, in der Mitte 11,1 und unten 16,5 Fuß in der Sekunde.

Das Herabfahren geschah gemeinhin ohne besondere Mühe, indem die meisten Durchlässe eine Richtung hatten, die der des Flußbettes unterhalb entsprach, woher das Schiff, sobald es mit der grofsen Geschwindigkeit aus der Rinne, in das beinahe stillstehende Wasser kam, den Cours nicht ändern durfte. Nur der Durchlaß bei Balduinstein ohnfern der Schaumburg hatte eine sehr gefährliche Richtung, die gerade auf einige Felsen vor dem linken Ufer hinwies. Um das Schiff von diesen abzuhalten, genügte nicht das Steuer, es waren daher noch einige Pfähle unterhalb des Durchlasses eingerammt, und in diese mußten die Schiffer während des schnellen Vorbeitreibens Bootshaken einstossen und dadurch das Schiff absetzen. Das Manöver erfolgte, so oft ich es sah, mit einer solchen Präcision und überraschenden Geschicklichkeit und Energie, dafs der hohe Werth, den die Lahn-Schiffer auf ihre Kunst legten, und die Geringschätzung, womit sie von dem spätern Schiffahrtsbetriebe sprachen, vollkommen begründet war. Der Schiffsverkehr wurde hier ausschliefslich in der Art betrieben, dafs die Frachten (grofsentheils Eisenerze) nur stromabwärts gingen und die Schiffe immer leer zurückkehrten. Hierdurch wurde das Herauffahren in den Durchlässen sehr erleichtert. Sobald das

Schiff an einen Durchlaß kam, hielt man es an und befestigte den einen Block eines Flaschenzuges an das Schiff, den zweiten an einen Pfahl, der oberhalb des Wehrs zu diesem Zweck im Ufer eingegraben war. Man spannte alsdann das Pferd vor das in den Flaschenzug eingeschorne Tau und ohne große Anstrengung ging das Schiff herauf.

Wenn die zu überwindenden Gefälle größer sind, müssen die Schiffsdurchlässe mit mehr Sorgfalt angeordnet werden. Die darin befindlichen Schiffe schleifen größtentheils auf dem Boden, indem der Wasserstand nicht hoch genug ist, um sie schwimmend zu erhalten. Sie können schon aus diesem Grunde nicht mehr gesteuert werden, dieses verbietet sich außerdem aber auch dadurch, daß ihre Geschwindigkeit zu groß ist, als daß man sie noch rechtzeitig drehen könnte.

Man giebt denjenigen Schiffsdurchlässen, in welchen größere Gefälle liegen, eine Breite, die zwar im obern Eingange so bedeutend ist, daß sie ein bequemes Einfahren gestattet, weiter abwärts sich jedoch nach und nach vermindert, und am untern Ende so geringe ist, daß das Schiff wenig freien Spielraum behält und durch die Wände der Rinne in der gehörigen Richtung gehalten wird. Wiebeking*) empfiehlt die Rinne in dem stromabwärts gekehrten Theile nur um 2 bis 3 Fuß breiter als die durchgehenden Schiffe zu machen, ihr jedoch in der obern Mündung eine bedeutend größere Breite zu geben, damit der Wasserstand bei der zunehmenden Geschwindigkeit des Wassers am untern Ende nicht zu geringe wird. Solche Erweiterung verbietet sich jedoch, wenn größere Schiffe den Durchlaß benutzen sollen, durch die Schwierigkeit, das breitere Schütz zu heben.

Bei stärkern Gefällen muß man die Rinne recht flach halten, oder ihr nur eine geringe Neigung geben, auch muß man sie jedesmal gehörig tief in das Unterwasser herabführen. Pechmann**) sagt, die Länge der Rinne müsse wenigstens das Fünfzigfache der Niveau - Differenz zwischen Ober- und Unterwasser betragen. Wiebeking gestattet einen etwas weitem Spielraum und verlangt

*) Theoretisch praktische Wasserbaukunst, zweite Auflage. III. Band. München 1814. Seite 166.

**) Praktische Anleitung zum Flußbau. II. Band. München 1826. Seite 80.

nur, daß die Länge der dreißig- bis funfzigmaligen Gröfse des Gefälles gleich sein solle, wahrscheinlich ist das Dreißigfache schon die äußerste Grenze, welche bei Anlagen dieser Art überhaupt vorkommt.

Die Rinne muß jedenfalls einen hölzernen Boden erhalten, der ziemlich eben ist, und aus dem keine Nägel vortreten dürfen, weil die Schiffe sonst, während sie darüber gleiten, leiden würden. Außerdem müssen die Seitenwände, besonders wenn die Rinne enge und lang ist, verkleidet werden, da ohne diese Vorsicht das Gegenstoßen gefährlich wäre. Da aber sowohl der Druck gegen den Boden, als der Stofs gegen die Seitenwand immer sehr stark ist, so darf die Verkleidung nirgend hohl liegen, wodurch ein Bruch herbeigeführt werden könnte. Man packt daher den Boden zwischen den Schwellen sorgfältig mit Steinen aus, und bemüht sich durch zwischengelegtes Moos oder eingestampften Thon ihn einigermaßen wasserdicht zu machen. Die Seitenwände bestehn gemeinhin aus Balken, die wie in einer Blockwand unmittelbar auf einander liegen. Wenn besondere Vorsicht nöthig ist, um dem Wasserverlust möglichst vorzubeugen, so werden auch wohl alle Fugen durch Werg oder wenigstens durch Moos gedichtet. Reparaturen sind dabei sehr leicht, indem die Rinne, sobald die obere Mündung geschlossen ist, trocken wird, und bis zum Unterwasser hin begangen werden kann.

Die Seitenwände von der obern Mündung des Durchlasses erstrecken sich über die Stelle hinaus, wo der Abschluß stattfindet, und zwar divergiren sie hier wie Flügelwände, so daß sie eine stark erweiterte Einfahrt bilden. Hieraus entsteht nicht nur der Vortheil, daß die Schiffe leichter hineingeführt werden können, sondern es wird dadurch auch die Gelegenheit geboten, die Schiffe unmittelbar neben der Rinne sicher zu befestigen.

Die Vorrichtungen zum Schliessen der Schiffsdurchlässe sind sehr verschieden. Am häufigsten benutzt man ein einzelnes Schütz, das die ganze Oeffnung schliesst, und unter welchem das Schiff hindurchgeht. Wenn das Heben eines solchen Schützes auch eine bedeutende Kraft erfordert, und sonach besondere mechanische Vorkehrungen dazu nothwendig werden, so gewährt es doch den großen Vorzug, daß das Manöver durchaus sicher ist, und die Absperrung nach dem jedesmaligen Durchlassen eines Schiffes

schnell und vollständig wieder bewirkt werden kann, während die Wiederaufstellung andrer Stau-Vorrichtungen nur langsam von statten geht, und sonach mit einem größern Wasserverlust verbunden ist, der theils für die Mühlen-Anlagen und theils für die Schiffahrt wegen der Senkung des Oberwassers nachtheilig sein würde. Das Heben des Schützes wird dadurch erleichtert, daß die Anschwellungen oberhalb des Wehrs bei dessen starkem Gefälle nicht bedeutend sind, und sonach der Wasserdruck gegen das Schütz sich niemals so sehr vergrößert, daß die Reibung dadurch in hohem Grade verstärkt würde. Die Vorrichtung zum Heben des Schützes besteht gewöhnlich darin, daß man dasselbe an zwei Flaschenzüge hängt, und die beiden Taue der letzteren über eine gemeinschaftliche Welle schlingt, welche durch ein großes Haspelrad oder auch wohl durch ein Laufrad gedreht wird.

Das Heraufziehn der Schiffe in den Durchlässen ist jedesmal mühsam, und bedingt eine solche Verstärkung des Zuges, daß die gewöhnliche Bespannung des Schiffes hierzu in den meisten Fällen nicht genügt. Es ist daher nothwendig, vor dem Einfahren in die Rinne noch Vorspann zu nehmen, oder man muß gewisse mechanische Vorrichtungen benutzen, wie dieses nach der obigen Mittheilung auch auf der Lahn geschah. Außerdem wird der Leinenzug durch die Rüstung, worin das Schütz hängt, unterbrochen, während es dennoch nothwendig ist, das Schiff aus der Rinne herauszuziehn, weil es erst zwischen den zurücktretenden Flügelwänden an eine Stelle gelangt, wo die Strömung mäßiger wird, und es sicher befestigt werden kann. Zuweilen hilft man sich damit, daß die Pferde das Schiff anfangs nur bis gegen das Schütz ziehn, worauf es in dem heftigen Strom so lange liegen bleibt, bis die Pferde weiter stromaufwärts geführt sind, und die Leine unter dem Schütz hindurch an das Schiff zurückgebracht ist.

Pechmann empfiehlt die an der Vils und Naab übliche Methode, wobei die Zugleine nicht, wie sonst geschieht, am vordern Theile des Schiffs, oder an der Stelle, wo der Mast zu stehn pflegt, sondern hinten befestigt wird. Diese Anordnung ist in sofern nicht nachtheilig, als ein Drehn wegen der beschränkten Breite des Durchlasses doch nicht erfolgen kann. Die Leine wird dabei aber nicht unmittelbar an das Schiff gebunden, sondern über einen einscheibigen Block gezogen, der neben dem

Steuerruder befestigt ist. Das eine Ende des Zugtaues wird oberhalb des Durchlasses an einen Pfahl auf dem Ufer gebunden und an das andere werden die Pferde gespannt. Die Kraft, welche die letzern ausüben, darf daher nur etwas grösser sein, als die Hälfte des Widerstandes, den das Schiff erfährt. Das Schiff wird aber soweit aufgezogen, daß es mit seiner ganzen Länge im Oberwasser schwimmt. Sollte diese Anordnung wegen besondrer Local-Verhältnisse sich verbieten, so kann man die Leine noch über eine Rolle leiten, die an der Griessäule befestigt ist, und alsdann die Pferde in jeder beliebigen Richtung am Ufer gehn lassen. Hierdurch wird auch Gelegenheit geboten, den Leinpfad zur Seite des Durchlasses wieder zu benutzen. Dieser Leinpfad steigt nämlich gemeinhin ungefähr eben so steil an, wie der Durchlaß selbst, stellenweise pflegt er aber noch steiler zu sein, woher die Pferde, indem sie ihn ersteigen, keinen bedeutenden Zug ausüben können. Ihr Zug verstärkt sich aber, wenn sie unter solchen Verhältnissen in der entgegengesetzten Richtung gehn. Man spannt daher die Pferde vor die Leine, nachdem dieselbe über eine feste Rolle am obern Ende des Durchlasses geschlungen ist, und läßt sie, während sie den Zug ausüben, den Leinpfad herabgehn. Endlich ist noch zu erwähnen, daß man in manchen Fällen die Leine oberhalb des Durchlasses an das Ufer oder einen Anker im Strom befestigt und das Schiff mittelst einer kräftigen Winde-Vorrichtung, die sich auf demselben befindet, heraufzieht.

Als Beispiel eines grössern Schiffsdurchlasses mag derjenige beschrieben werden, der wahrscheinlich unter allen der bedeutendste ist, und sich neben dem Dorfe Traunfall in Ober-Oesterreich befindet. Sein Gefälle beträgt nach Wiebeking's Angabe 48 Fufs.

Die Traun ist von Ischl abwärts schiffbar, indem sich hier die reichen Zuflüsse aus dem Hallstädter- und Ober-See vereinigen. Drei Meilen weiter tritt sie wieder in einen See, den Traunsee, und etwa eine Meile unterhalb Gmunden, wo sie denselben verläßt, bildet sie in dem engen Felsenthal den Wassersturz, der dem Dorfe daneben den Namen gegeben hat. Aehnliche, jedoch kleinere Wasserfälle wiederholen sich in ihrem Lauf, und jedesmal wird durch einen Schiffsdurchlaß der Uebergang über dieselben vermittelt. Die sämtlichen Constructionen, sowohl Wehre als Leinpfade, Einschränkungswerke und zum Theil selbst die Schiffsdurch-

lasse stimmen mit dem §. 31 beschriebnen Senkkasten überein, und bestehn in dichten Holzwänden mit Steinschüttung.

Die Schiffahrt auf der Traun beschränkt sich auf den Salztransport aus dem Salzkammergut nach der Donau. Die Schiffe, die hier fahren, sind ungefähr 90 Fufs lang, 18 Fufs breit und gehn beladen bei kleinem Wasser wenig über 2 Fufs tief. Sie werden außer dem Steuerruder mittelst Schurbäumen, und an den Stellen, wo die Tiefe die Benutzung der letztern nicht gestattet, durch kurze Brettstücke an Stielen regiert, die man an verschiedenen Stellen und namentlich in der Nähe des Vordertheils schräg in das Wasser hält und die in derselben Weise, wie das eigentliche Steuerruder wirken. Die Schiffe befahren nicht nur die Traun, sondern setzen den Weg auf der Donau ab- und aufwärts nach Linz, Passau und zum Theil bis Wien fort. In neuerer Zeit hat jedoch die Bergfahrt auf der Traun ganz aufgehört, woher die Schiffe meist, sobald sie die Donau erreicht haben, entladen und zerschlagen werden.

Fig. 250 Taf. XXXII zeigt die Lage des Wehrs und dieses Schiffsdurchlasses *). Der Stau ist größtentheils schon durch die Natur gebildet, indem eine Felsbank durch den Strom setzt, welche mit mächtigen Steinblöcken überdeckt ist. Das Wehr ist daher nicht sowohl ein zusammenhängender Bau, als es vielmehr nur die Zwischenräume zwischen den einzelnen Blöcken schließt. Außerdem ist es durch eine Menge Steifen gegen andre Felsen gestützt. Zwischen seinem obern Ende und dem linken Ufer befindet sich bei *D* eine Freiarche, die durch ein Schütz von 24 Fufs Breite geschlossen ist, und zur Abführung der Fluthen dient. Das Gefälle beträgt hier etwa 40 Fufs, in dem Unterwasser liegt aber bis zur Ausmündung des Schiffsdurchlasses bei *B* noch ein Gefälle von etwa 8 Fufs, so daß das ganze Gefälle der Rinne, wie bereits erwähnt, 48 Fufs beträgt. Das untere Ende des Wehrs lehnt sich an die linke Seite des Schiffsdurchlasses. Weiter rechts unmittelbar neben dem Ufer befindet sich das Mühlengerinne, durch welches zwei Mühlen getrieben werden. Das Betriebswasser derselben

*) Diese Situations-Charte ist aus Wiebeking's Wasserbaukunst entnommen, doch sind einige Aenderungen nach sonstigen Notizen und eignen Wahrnehmungen eingeführt.

fließt dem Schiffsdurchlasse zu, und zwar ziemlich nahe an seiner obern Mündung, woher die Mühlen nur einen kleinen Theil des Gefälles benutzen.

Der Schiffsdurchlaß erstreckt sich von *A* bis *B* und seine ganze Länge beträgt nach der Wiebekingschen Charte 1350 Wiener oder 1341 Rheinländische Fufs. Sein relatives Gefälle ist sonach nahe 1:28. Die Breite mißt im obern Theil des Durchlasses bis zum Schütz 30 Fufs, zwischen dem letztern und der Einmündung des zweiten Mühlen - Canals nur 20 Fufs und von hier ab bis ans untere Ende 24 Fufs. Das Schütz zum Schliefsen des Durchlasses befindet sich bei *C*, seine Breite oder die lichte Entfernung zwischen den Griessäulen beträgt 22 Fufs. Das Schütz wird mittelst einer darüber befindlichen Welle und eines Haspelrades gehoben.

Der Schiffsdurchlaß ist sowohl in der Sohle, wie in den Seitenwänden mit Holz verkleidet, letztere bestehn aus je vier übereinander liegenden und durch Erdanker gehaltenen Balken. Diese Wände sind etwas rückwärts geneigt. Zwischen dem Durchlaß und dem Strombett befindet sich der Leinpfad, der jedoch zur Zeit nicht mehr benutzt wird. Er ist theils durch Schüttung gebildet, theils aber ist er über roh geebnete Felsen geführt. Die Bergfahrt geschah früher (1823) in der Art, daß je zwei Schiffe zusammen ankamen, von denen jedes mit zwei Pferden bespannt war. Durch die andern kleinen Durchlässe fuhren sie hindurch, indem die vier Pferde zuerst vor das eine und dann vor das andre Schiff gelegt wurden. Diese Bespannung war aber für den Traunfall nicht genügend. In einer im rechtsseitigen steilen Felsufer künstlich gebildeten Höhle, die als Stall diente, standen vier andre Pferde. Jedes einzelne Schiff wurde mit acht Pferden bespannt, und diese führte man zuerst über die Brücke nahe der untern Mündung des Schiffsdurchlasses auf dessen linkseitiges Ufer. Die Zugleine wurde alsdann unter der Brücke hindurchgezogen, und indem ein mäfsiger Zufluß durch das Oeffnen des Schützes eintrat, stieg das Schiff zwar langsam, aber doch ohne übermäßige Anstrengung der Pferde bis vor die Mündung des zweiten Mühlen - Canals herauf. Hier mußte angehalten werden, indem der Leinenzug in dieser Weise nicht weiter fortgesetzt werden konnte. Das Schiff wurde im heftigen Strom festgebunden. Die Pferde gingen über die obere Brücke auf das rechte Flusssufer und zwar bis gegen die etwas

vortretende Ecke bei *E* oberhalb des Schiffsdurchlasses. Von hier wurde die Leine in einem Nachen unter dem inzwischen vollständig geöffneten Schütz hindurch ans Schiff gebracht, wobei die Leine scharf gespannt gehalten wurde, um das Forttreiben des Nachens zu verhindern. Schliesslich erfolgte der Zug vom rechtseitigen Leinpfade aus, bis das Schiff in das Oberwasser trat, worauf es festgelegt wurde und bis zur Ankunft des zweiten Schiffes liegen blieb.

Sehr interessant ist es, die Schiffe hier herabfahren zu sehn. Nach meiner Schätzung betrug ihre Geschwindigkeit etwa 26 Fufs in der Secunde. Sie war so grofs, dafs man während des Vorüberfahrens kaum bemerken konnte, wie viel Leute sich auf dem Schiff befanden. Das Wasser selbst hatte indessen nicht diese Geschwindigkeit, woher der Boden der Rinne hinter dem Schiff ganz trocken erschien. In geringer Entfernung folgte jedoch eine hohe Welle, worauf die Rinne sich wieder mit Wasser füllte. Der Wasserdruck dicht vor dem Schiffe war so grofs, dafs namentlich an den Seitenablässen Wasserstrahlen plötzlich 3 bis 4 Fufs hoch aufstiegen. Während des Herabfahrens findet keine Gefahr statt, indem das Schiff durch die schmale Rinne, die nur wenige Fufs Spielraum läfst, sicher geleitet wird, bei der grofsen Geschwindigkeit lassen sich hier auch keine andre Vorsichtsmaafsregeln ergreifen. Die Mannschaft steht daher ruhig im Schiff mit den erwähnten kleinen Steuerrudern in der Hand, und sobald das Unterwasser erreicht ist, müssen diese sogleich eingesetzt werden, damit das Schiff nicht etwa auf die Felsen vor dem rechten Ufer aufläuft. Bei der grofsen Geschwindigkeit gegen das Wasser, das hier zwar schäumt und wirbelt, aber im weiten Profil nur langsam fliefst, dreht das Schiff auch sogleich und sicher nach der linken Seite und tritt in das offene Fahrwasser.

Auffallend sind die kleinen Seitenablässe, die einen Theil des Wassers aus der Rinne nach dem Strom führen. Sie waren eben sowohl, wenn Schiffe herauf-, als herabgingen, geöffnet, doch führten sie nur wenig Wasser ab, weil dasselbe bei der grofsen Heftigkeit des Stroms die Seitenrichtung nicht schnell genug annehmen konnte.

Bei meiner letzten Anwesenheit (1871) hatte die Bergfahrt aufgehört, und die zum Theil auf Senkkasten ruhenden Leinpfade,

wie auch die Leinpfadsbrücken waren nicht mehr sicher zu betreten.

Zu den Schiffs-Durchlässen muß man noch die Oeffnungen zählen, die zuweilen ohne Vorkehrung zum Schliessen in den Wehren angebracht sind. Die Rinne, welche die Schiffe in diesem Falle passiren müssen, ist gemeinhin weder gehörig regulirt, und an den Seiten eingefasst, noch auch im Boden mit Holz bekleidet. Diese Anlagen sind so unvollkommen, und häufig so gefährlich, daß man Flüsse, auf denen sie vorkommen, kaum schiffbar nennen kann. In der Sauer, auf der Grenze zwischen Preußen und Luxemburg, befinden sich Anlagen dieser Art in großer Anzahl. Die Mühlen daneben verlieren um so mehr Wasser, je tiefer jene sind, es liegt daher im Interesse der Müller, sie recht flach zu halten und hiezu geben die unregelmässig auf die Wehre aufgeworfenen Steine leicht Veranlassung. Das Durchfahren durch die Rinne ist bei der heftigen Strömung und der darin liegenden groben Geschiebe, die oft mehrere Cubikfuß halten, im höchsten Grade gefährlich. Die Schifffahrt hört daher bei kleinem Wasser auf, und wird nur bei höhern Anschwellungen betrieben, doch auch nur mit Schiffen, die so wenig tief gehn, daß sie diese Geschiebe nicht berühren. Der heftige Strom räumt alsdann vielfach die Rinne auf, so dass die Wassertiefe darin noch etwas größer, als auf dem Wehrrücken ist.

In seltenen Fällen umgeht man die Wehre auch in offenen Stromarmen, wenn diese ziemlich enge und bedeutend länger sind, als der Hauptstrom. Zu ihrer Sicherung ist die gehörige Deckung der Ufer erforderlich, während sie wegen der Krümmungen, der beschränkten Breite und der starken Strömung doch keinen bequemen Durchgang den Schiffen bieten. Ein Beispiel dieser Art findet sich an der Werra, dem Städtchen Hedemünden gegenüber, wo die Schiffe durch einen schmalen linkseitigen Arm das Wehr umfahren. Dieser Arm hatte sich jedoch vor etwa 20 Jahren dicht unterhalb des Wehrs mit dem Hauptstrom vereinigt, wodurch seine Benutzung noch unbequemer wurde, als sie früher war. In gleicher Weise wird auch das in der Oder liegende Wehr bei Oppeln in einem engen und vielfach gekrümmten Arme, der Weeske, umfahren.

§. 60.

Leinpfade.

Indem die stromaufwärts gehenden oder in der Bergfahrt begriffenen Schiffe die ihnen entgegentretende Strömung überwinden müssen, so genügt der Wind nur selten, um sie mit einiger Geschwindigkeit in dieser Richtung in Bewegung zu setzen. Man muß daher eine äußere Zugkraft zu Hülfe nehmen, und diese bestand, so lange Dampf-Schleppschiffe noch nicht üblich waren, vorzugsweise im Leinenzuge durch Pferde. In Frankreich, wie auch im westlichen und südlichen Deutschland und auf den Englischen Canälen ist diese Art des Schiffahrtsbetriebes seit langer Zeit üblich, während im östlichen Theil von Deutschland die Benutzung der Pferde zu diesem Zweck nicht statt findet, vielmehr der Leinenzug nur durch Menschen ausgeübt werden darf. Diese wesentliche Erschwerung des Verkehrs rührt vielleicht davon her, daß der große Grundbesitz die Einführung des Leinpfad-Servituts nicht gestattete. Dieses Servitut ist ohne Zweifel für die Ufer-Besitzer höchst lästig. Nach der Französischen Gesetzgebung und zwar nach der Ordonnanz von 1669, die auch in der Preussischen Rheinprovinz galt, mußte ein Leinpfad von 30 Fuß Breite längs des Ufers für Zugpferde frei gegeben werden. Diese Bestimmung war aber sehr ungenau, da nach den verschiedenen Wasserständen die Pferde bald hier und bald dort geführt wurden. Die Verpflichtung zur Darstellung eines stets gangbaren und festen Weges war damit nicht verbunden, und sonach blieb die Ausübung des Leinenzugs in vielen Fällen überaus schwierig, woher in neuerer Zeit an den diesseitigen Strömen und namentlich am Rhein die Leinpfade durch den Staat beinah vollständig ausgebaut sind.

Die Leinpfade sollen nutzbar sein, bis die Schiffahrt durch Hochwasser unterbrochen wird, aber die Schiffahrt zu Berg setzt sich so lange fort, als die Leinpfade noch gangbar sind. Daher ist von wesentlicher Bedeutung die Frage, wie hoch die Leinpfade liegen müssen. Bei Bestimmung dieser Höhe für die Mosel ging man von der Voraussetzung aus, daß durchschnittlich in jedem Jahr

der Leinpfad während 10 Tagen überfluthet würde. Ein großer Theil dieser Zeit trifft aber mit dem Eisgange zusammen, oder mit so hohen Wasserständen, daß der starke Strom die Schifffahrt jedenfalls verbietet, wenn die Leinpfade auch höher lägen.

Man findet fast jedesmal Ufer, welche die erforderliche Höhe haben, aber sie sind für die Ausübung des Leinenzugs nicht mehr brauchbar, wenn sie von dem Schifffahrtswege zu weit entfernt liegen. Welche große Erschwerung des Zuges und welche sonstigen Uebelstände aus der weiten Entfernung des Leinpfads hervorgehn, ist schon § 57 erwähnt. Es entsteht daher die Frage, wie weit der Leinpfad von dem Fahrwasser ohne wesentlichen Nachtheil der Schifffahrt entfernt sein darf? Eine allgemein gültige Antwort ist hierauf nicht zu geben, und gewiß ist für größere Ströme auch eine größere Entfernung zulässig. Man muß, um sich hierüber ein richtiges Urtheil zu bilden, die Art des Schifffahrtsbetriebes auf den betreffenden Strömen näher untersuchen, und namentlich aus andern Stellen, wo die Schifffahrt noch nicht wesentlich behindert erscheint, auf diejenigen Maßregeln schließen, die man in jedem einzelnen Falle zu ergreifen hat. Die Entfernung des Leinpfads kann um so größer sein, je mehr dessen Richtung mit der des Fahrwassers zusammenfällt. Der nachtheiligste Fall ist derjenige, wenn das Schiff in grosser Entfernung vom Leinpfade sich davon noch weiter entfernen muß, und dieses geschieht gemeinhin in Stromkrümmungen, wenn der Leinpfad auf dem convexen Ufer liegt, während das Fahrwasser, wie gewöhnlich, auf der concaven Seite sich hinzieht. Alsdann weicht die Richtung der Leine oft sehr stark von derjenigen ab, welche das Schiff verfolgen muß.

Demnächst ist, wie bereits erwähnt, die weite Entfernung des Leinpfades um so nachtheiliger, je heftiger die Strömung und je enger das Fahrwasser ist. Auch die herrschende Windesrichtung ist hierbei von wesentlichem Einfluß, denn die sehr schräg gespannte Leine zieht schon jedesmal das Schiff nach dem Leinpfadsufer hin, und man kann es davon nur entfernt halten, indem man es nach dem entgegengesetzten Ufer richtet. Trifft es sich aber, daß der Wind es in derselben Richtung, wie die Leine ablenkt, so wird häufig das Vorbeifahren an vortretenden Sandbänken oder langen Buhnen ganz unmöglich. Man muß daher bei der Strom-

regulirung die Lage des Leinpfads nie unberücksichtigt lassen, und selbst mit Aufopferung mancher andern Vorthelle sich immer bemühen, das Fahrwasser möglichst nahe an den Leinpfad zu bringen. Diese Rücksicht ist auch bei der Wahl zwischen zwei Stromarmen besonders wichtig.

In regelmässigen Stromstrecken, so wie in solchen, die nicht besonders stark gekrümmt sind, darf der Leinpfad unbedenklich dem Fahrwasser gegenüber liegen, denn es ist nicht unbillig, von dem Schiffer zu verlangen, das er mit hinreichenden Leinen versehen sei, um das ganze Strombett zu überspannen. Nur auf den größten Strömen, wo zugleich ein starker Verkehr stattfindet, wird hiervon eine Ausnahme gemacht, und die Stromregulirungen haben daselbst oft keinen andern Zweck, als das Fahrwasser dem Leinpfade näher zu bringen.

Wenn die Ufer sehr niedrig und sumpfig sind, kann der Leinenzug nicht in der Nähe des Strombetts ausgeübt werden, die Pferde müssen alsdann auf dem höhern Ufer gehn, wodurch wieder die Verlängerung der Leine und eine schrägere Richtung derselben bedingt wird. Liegt das höhere Ufer soweit entfernt, daß der Leinenzug dadurch wesentlich erschwert wird, so muß der Leinpfad künstlich ausgebaut werden. Er bildet alsdann einen erhöhten Damm, der sich über die niedrige Uferstrecke zur Seite des Stroms hinzieht, und dem Fahrwasser möglichst nahe und parallel zu demselben liegt. Besonders dürfen darin aber keine scharfe Krümmungen vorkommen, wobei die Pferde der Gefahr ausgesetzt würden, herabgerissen zu werden. Vielfach befinden sich solche niedrige Uferstellen vor den Mündungen der Bäche und Seitenflüsse, und es dürfen alsdann die erforderlichen Brücken darin nicht fehlen.

Die Grundbesitzer sehn es fast immer sehr gern, wenn ein Leinpfadsbau zur Ausführung kommt, denn wenn die Bodenfläche, worauf derselbe geschüttet wird, auch keinen Ertrag mehr gibt, so hört dadurch nicht nur das fernere Betreten der Wiesenfläche zur Seite auf, sondern außerdem übernimmt der Staat in diesem Fall gemeinhin stillschweigend auch die Verpflichtung zur Deckung des Ufers, insofern er den ausgebauten Leinpfad nicht der Gefahr aussetzen darf, durch fernern Abbruch der Ufer zerstört zu werden. Dieser Gewinn ist aber für den Grundbesitzer um so bedeutender, als das Leinpfads-Servitut keineswegs erlischt, wenn der bisherige

Leinpfad durch Zerstörung der Ufer im Strom versunken ist, vielmehr muß alsdann der nächste Uferrand für den Leinzug wieder frei gegeben werden.

Wenn der ausgebaute Leinpfad in grössere Entfernung vom Strom gelegt werden muß, so sieht man sich oft gezwungen, noch einen zweiten oder sogenannten Sommerleinpfad auf dem niedrigen Ufer einzurichten. Gemeinhin braucht man für einen solchen nur die Abgänge vom Hauptleinpfade darzustellen.

Eine fernere Veranlassung zum Ausbau der Leinpfade geben hohe und steile Ufer, und zwar nicht nur in Gebirgs-Gegenden, sondern häufig auch im flachen Lande. Die obige Höhe der Leinpfade bezeichnet nur die untere Grenze derselben, während eine etwas grössere Erhebung ohne Nachtheil ist. Doch muß man dafür sorgen, daß die Pferde, während sie einen starken Zug ausüben, nicht zugleich steil ansteigen. In der Richtung, in welcher die Pferde ziehn, dürfen daher keine starke Steigungen vorkommen, oder der Pfad muß sich stromaufwärts immer sanft erheben. Vielfach sind höhere Ufer durch Einrisse unterbrochen. Diese müssen durchschüttet, oder wenn sie zu Zeiten Wasser abführen, überbrückt werden, und es bedarf alsdann einer sorgfältigen Ueberlegung, in welcher Höhe der Leinpfad sich am leichtesten ausführen läßt und zugleich die meiste Bequemlichkeit bietet.

Gewöhnlich erhält der Leinpfad unter solchen Verhältnissen die erforderliche Breite dadurch, daß man ihn zum Theil in das Ufer einschneidet, und theils aus dem dadurch gewonnenen Material anschüttet. Letzteres ist aber dem Angriff des Stroms blosgestellt, und würde sonach wieder fortgespült werden, wenn es unbefestigt bliebe. Aus diesem Grunde ist man gezwungen, die Leinpfaddossirung gleich als Uferdeckung zu behandeln, und sie entweder zu bepflanzen, oder, wo ein starker Angriff des Stroms zu besorgen ist, mit einer Steindecke oder trocknen Mauer zu schützen. Die Dossirungen dürfen aber nirgend vortretende Ecken bilden, müssen vielmehr in sanften Linien das Flußbett begrenzen.

Endlich wird der Ausbau eines Leinpfades häufig noch dadurch veranlaßt, daß das Ufer sehr sumpfig ist und die Pferde beim Betreten desselben tief einsinken. Erhöhungen pflegen in diesem Fall wenig zu helfen, weil sie den Abfluss des Wassers sperren und sonach der neue Damm bald wieder durchnäßt wird,

und seine Festigkeit verliert. Die Anlage von Brücken oder von Sieker-Kanälen muß daher mit der Dammschüttung verbunden werden. Einfacher ist es jedoch in vielen Fällen, nur für die Befestigung des Grundes zu sorgen, und eine Steinpackung zu überpflastern. Wo das Wasser aber bei Anschwellungen besonders stark übertritt, sind flache Mulden anzubringen. Man bemüht sich auch häufig bei weichem Untergrunde, die Decke möglichst leicht zu halten, woher man in Frankreich versucht hat, in solchem Falle Ueberschüttungen mit einer Art Bèton aus möglichst wohlfeilem Material darzustellen.

Die Leinpfade sind häufig noch besondern Beschädigungen durch das Hochwasser ausgesetzt, wenn sie auf niedrigem Terrain in einer Weidenpflanzung liegen. Letztere fängt zur Zeit der Ueberfluthung die vorbeitreibenden Sand- und die Erdmassen auf, woher der Boden unter ihr sich nach und nach erhebt, während der inundirte Leinpfad einen Canal bildet, der durch die heftige Strömung sich im Ganzen und besonders stellenweise immer mehr vertieft. Die Erhöhung des Pfades durch Sand und selbst durch gröbern Kies ist erfolglos, da dieser schnell ausgespült wird. Am vortheilhaftesten ist es, in geringen Abständen niedrige Flechtzäune hindurchzuziehn, und zwischen diesen die Anschüttungen zu machen.

Die Breite der Leinpfade wird gemeinhin zu 12 Fuß angenommen. Bei kleinen Strömen, wo die Schiffe nur durch ein Pferd gezogen werden, und zugleich die Strömung schwach ist und der Leinpfad nahe am Fahrwasser liegt, kann die Breite auch noch geringer sein, und auf die Hälfte reducirt werden. Andererseits ist aber die angegebene Breite bei starker Bespannung und im heftigen Strom nicht genügend. Sobald die Pferde einen kräftigen Zug ausüben, stellen sie sich in die Richtung der Leine. Sind daher an die einzelne Leine mehr als zwei Pferde gespannt, so reichen sie weit über den Pfad von 12 Fuß Breite heraus. Die Rheinstraße im Coblenzer Regierungs-Bezirk, die theilweise zugleich Leinpfad ist, wird nicht selten durch die Leinpferde so vollständig gesperrt, daß alle Fuhrwerke warten müssen, bis die Pferde von der Chaussee auf den besonders ausgebauten Leinpfad übertreten sind.

Manchen Schwierigkeiten in der Einrichtung der Leinpfade würde man mit Leichtigkeit begegnen, wenn man beliebig, so oft

man wollte, von einem Ufer auf das andre übergehn dürfte. Dieses verbietet sich indessen gemeinhin schon dadurch, daß das Servitut nur auf einem Ufer haftet, außerdem ist aber das Uebersetzen der Leinpferde, oder das sogenannte Ueberschlagen oder Sprengen so mühsam und zeitraubend, daß es soviel wie möglich vermieden werden muß. Häufig liegt einem Leinpfadsbau keine andre Absicht zum Grunde, als einen Theil der bestehenden Ueberschläge entbehrlich zu machen. Wenn die Pferde an das andre Ufer gebracht werden sollen, muß man das Schiff vor Anker legen, die Leine einholen, die Pferde herüberschaffen, alsdann mit dem Nachen, worin die Leine liegt, bis zu der Stelle herauffahren, wo die Pferde wieder vorgespannt werden sollen, ferner die Leine ans Ufer geben und deren andres Ende nach dem Schiffe bringen und sie aufs Neue im Maste einscheeren und die Anker lichten. Selbst auf kleinen Strömen verursacht ein Ueberschlag den Zeitaufwand von etwa zwei Stunden, am Rhein dauert es aber jedesmal wenigstens vier Stunden, bis das Schiff wieder in Fahrt kommt, wiewohl dabei immer Fähranstalten zum Herüberschaffen der Pferde benutzt werden. Nur auf der Ems, wo die Strömung sehr mäßig ist, wird das Pferd in demselben Schiff, welches es zieht, so oft es nöthig ist, übergesetzt. Das Schiff, Pünke genannt, ist zu diesem Zweck vorn nicht zugespitzt, sondern wie eine gewöhnliche Fähre stark verbreitet, und mit einer Brücke versehen, auf welche das Pferd hinauf springt, sobald es an das andre Ufer gebracht werden soll.

Damit der Leinenzug nicht behindert werde, muß der Raum zwischen dem Strom und dem Leinpfad frei bleiben. Es genügt aber keineswegs, daß hier nicht etwa Bäume u. dgl. stehn, sondern es dürfen auch keine niedrigen Gegenstände sich daselbst befinden, woran die Leine hängen bleiben könnte. Letztere fällt nämlich der Spannung ohnerachtet vermöge ihres Gewichts hinter den Pferden auf den Boden, und streift über denselben fort. Sie bleibt sonach an jedem Stein, Strauch u. dgl. hängen, wenn sie nicht vielleicht herüberschlüpfen kann. Um letzteres zu befördern, werden vielfach die sogenannten Streichhölzer oder Streichbäume angebracht, die schräg vom Boden aus bis über die hinderlichen Gegenstände ansteigen und auf denen die Leine darüber fortgleitet. Dieselben dürfen namentlich vor allen Zäunen, Ge-

ländern u. dgl. nicht fehlen, damit die Leine immer von selbst sich auf diese heraufziehen kann. Nichts desto weniger genügt diese Vorsicht in vielen Fällen noch nicht, um die Leine frei zu erhalten, da sie häufig an Wurzeln, selbst an Unebenheiten im Rasen u. dgl. haftet. Alsdann muß ein Mann hinter dem Pferdezuge gehn, um überall, wo es nöthig ist, die Leine frei zu machen. Besonders muß derselbe die leichten Thore in den Zäunen, welche zur Begrenzung der Viehweiden dienen, öffnen und wieder schliessen und dafür sorgen, daß die Leine auch hier nicht hängen bleibt.

Die Beschädigungen, welche die Leine durch das Streifen über den Boden verursacht, sind sehr groß. Eine Benutzung des Vorlandes zum Gartenbau oder zur Gewinnung von Feldfrüchten wird beinahe unmöglich, nur wenn der Leinpfad bedeutend höher ist, kann man bei geringer Breite eines davor liegenden Gartens diesen durch Streichbäume schützen, die sich über seine ganze Länge hinziehen. Gemeinhin wird der Uferrand als Weide oder Wiese benutzt, doch auch auf die Grasnarbe übt der Leinenzug einen nachtheiligen Einfluß. Die Leine verhindert nämlich nicht nur bei frequenter Schifffahrt die Bildung des neuen Rasens, sondern selbst wo ein solcher besteht, zerstört sie ihn. Besonders zeigt sich dieses auf höhern und sandigen Ufern, wo der Graswuchs durch die Trockenheit des Bodens schon an sich erschwert ist, und daher einer besondern Schonung bedarf.

Auch das Bepflanzen des Vorlandes mit Weidenstrauch wird durch den Leinenzug erschwert, namentlich leiden die Stecklinge, ehe sie angewachsen sind, durch die darüber streifende Leine. Eine große Anzahl derselben wird herausgerissen oder abgebrochen, so wie auch die Triebe im ersten Entstehen häufig abbrechen. Man muß daher eine ununterbrochene Leitung von Streichhölzern darüber anbringen, oder man gräbt in geringen Entfernungen von einander starke Zweige etwas schräge in den Boden ein, welche in ähnlicher Weise, wie das lebendige höhere Weidengebüsch, sich zwar unter dem Gewicht der Leine biegen, aber dieselbe doch tragen und ihr Herabsinken auf den Boden verhindern. Auch geschieht es, daß man ganze Faschinen mit dem Stammende in den Boden befestigt, aber jedenfalls müssen diese eben so, wie die einzelnen Zweige, schräg und so nahe nebeneinander stehn, daß sie sich gegenseitig decken und das

Herabfallen der Leine auf die neue Pflanzung überall verhindern. Solche Anlagen werden besonders stark beschädigt, wenn auch bei der Thalfahrt zuweilen der Leinenzug ausgeübt wird, indem die Leine alsdann wegen der entgegengesetzten Richtung überall hängen bleibt und alle Schutzvorrichtungen herausreißt. Sobald die Pflanzungen angewachsen sind, vertreten die lebendigen Weidenruthen die Stelle jener künstlichen Vorrichtungen, indem die Triebe in Folge des immer in derselben Richtung wiederholten Umlegens sich stromaufwärts neigen. Will man die Pflanzungen aber abtreiben, so muß man in geringen Entfernungen einzelne Büschel stehn lassen, welche in gleicher Art, wie jene Faschinen, den jungen Aufschlag schützen.

Wenn der Leinpfad in einer scharfen Stromkrümmung auf dem convexen Ufer liegt, so geschieht es häufig, daß die Leine hinter den Pferden sich über den Pfad hinaus landwärts zieht, und dadurch eine für den Zug noch ungünstigere Richtung annimmt. In solchem Falle ist es schon vortheilhaft, wenn Baumstämme oder andre Gegenstände an der innern Seite des Leinpfads die Leine aufhalten. Dieselbe schneidet darin aber tiefe Rinnen ein, und dasselbe geschieht auch im Laufe der Zeit, wenn man eiserne Schienen darüber nagelt.

Indem auch die Leinen hierbei stark leiden, so empfiehlt es sich, drehbare Leitrollen aufzustellen. Diese müssen so eingerichtet sein, daß die Leine sich von selbst auf sie auflegt und nicht etwa unter der Rolle die eiserne Pfanne trifft, worin die Achse sich dreht. Man stellt zu diesem Zweck einen schrägen Pfahl davor, der mit einer Eisenschiene versehen ist. Zuweilen giebt man der Rolle auch einen vorstehenden Rand am untern Ende, was jedoch nicht nöthig ist, sobald der schräge Pfahl hinreichend vortritt. Eine große Höhe der Rolle ist gemeinhin nicht nothwendig, denn sobald das Schiff so nahe gekommen ist, daß die Leine sich merklich über den Boden erhebt, so ist der Zweck der ganzen Vorrichtung bereits erfüllt und die Leine entfernt sich von selbst von der Rolle, woher dieselbe meist nur etwa 4 Fuß lang sein darf. Alsdann ist sie auch weniger der Gefahr ausgesetzt, sich zu werfen, was bei einer langen Rolle fast jedesmal eintritt. Sobald sie sich aber wirft oder krümmt, so hört ihre Beweglichkeit auf, weil der starke Seitendruck sie in derjenigen Stellung

festhält, wobei die Leine sich am meisten der geraden Richtung nähert. Endlich ist noch dafür zu sorgen, daß die Leine, wenn sie oben abgelenkt, nicht etwa wieder die eiserne Achse oder die Pfanne trifft. Die in Fig. 249 a. auf Taf. XXXI. in der Seitenansicht und Fig. 249 b. im horizontalen Durschnitt (nach der punktirten Linie) dargestellte Anordnung entspricht diesen Anforderungen, und besitzt hinreichende Festigkeit, doch muß die Rolle nach Maßgabe ihrer Länge wenigstens 8 bis 10 Zoll stark sein.

Vor bedeutenden Handelsplätzen wird der Leinenzug gemeinhin durch das Werft unterbrochen, woselbst die Schiffe anlegen, und entladen oder befrachtet werden. Wenn das Schiff durch die Pferde auch nicht bis unmittelbar vor das Werft gezogen werden kann, so ist es doch immer wichtig, dasselbe so weit zu bringen, als irgend möglich. Zu diesem Zweck pflegt man an der Stelle, wo der Leinenzug aufhört, eine horizontale Leitrolle anzubringen, über welche die Leine geschlungen wird, so daß die Pferde auf dem Leinpfade wieder zurückgehn, während sie das Schiff noch weiter heraufziehn. Ein solche Rolle unterscheidet sich jedoch von der oben beschriebenen dadurch, daß sie etwa 2 Fufs im Durchmesser hält und nur so hoch ist, daß die Leine in der Rille Platz findet. Gewöhnlich besteht sie aus Gußeisen, und ruht auf einer von mehreren Pfählen getragenen und gehörig verstreuten Rüstung.

An manchen Stellen müssen die Pferde einen besonders starken Zug ausüben und namentlich geschieht dieses, wenn der Strom sehr heftig, oder ein starkes Gefälle zu überwinden ist. Hierbei tritt leicht für die Pferde eine große Gefahr ein, und es gehört keineswegs zu den seltenen Erscheinungen, daß sie durch die Leine herabgerissen werden und im Strom ertrinken. Um dieses zu verhindern, werden an denjenigen Stellen, wo dieses zu besorgen ist, zur Seite des Leinpfads oder in demselben gewisse Vorrichtungen zum Befestigen der Leine angebracht. So findet man an der Donau neben den wildesten Stromstrecken Ringe zur Seite des Leinpfads, und sobald der Treiber merkt, daß die Kraft der Pferde erschöpft ist, so zieht er das vordere Ende der Leine, welches zu diesem Zweck frei bleibt, durch einen Ring und knüpft es darin fest. Die Pferde dürfen alsdann zurücktreten, indem das Schiff schon durch den Ring hinreichend gehalten wird, bis sie wieder

mit frischer Kraft anziehen können. Auch in andern Fällen wird dem Schiffer eine große Bequemlichkeit geboten, wenn neben dem Leinpfade Gegenstände vorhanden sind, an welche er die Schiffe befestigen kann, ohne Anker auszusetzen.

Vor den Mündungen der Nebenflüsse und Bäche, die sich in den Hauptstrom ergießen, liegen häufig ausgedehnte Sand- und Kiesfelder, über welche bei niedrigem Wasser die Leinpferde bequem getrieben werden können, doch wird daselbst bei höhern noch schiffbaren Wasserständen der Uebergang oft gefährlich oder ganz unmöglich. Wenn sonach keine Leinpfads-Brücken erbaut sind, so, muß in diesem Fall das Schiff, nachdem es bis gegen die Mündung des Baches gezogen ist, vor Anker gelegt werden. Man führt alsdann die Pferde zur Seite des Baches bis zu einer Brücke oder bis zu einer Stelle, wo ein gefahrloser Durchgang möglich ist, und läßt sie alsdann am andern Ufer des Baches wieder bis zum Strom zurückgehn. Es darf kaum erwähnt werden, welcher lästige Aufenthalt hierdurch veranlaßt wird, namentlich wenn die nächste Brücke über den Bach, wie oft der Fall ist, erst in der Entfernung von einer halben oder ganzen Meile zu finden ist. Leinpfads-Brücken sind daher als wesentliche Theile eines gehörig eingerichteten Leinpfads anzusehn, Seitens der Preussischen Regierung sind sie auch an allen Strömen in der Rheinprovinz und Westphalen vollständig eingerichtet.

Die Erbauung der Leinpfads-Brücken bietet häufig große Schwierigkeiten, namentlich wenn das höhere Ufer zu weit zurückliegt, als daß es noch für den Leinenzug benutzt werden könnte. Man darf alsdann die beiderseitigen Rampen, welche zur Brücke führen, nicht über das höchste Wasser erheben, und sonach kann die Brücke selbst auch keine wasserfreie Höhe erhalten. Es bleibt alsdann nur die Wahl, die Brücke entweder so zu befestigen, daß sie bei der Ueberfluthung nicht fortschwimmt, oder sie in solcher Weise anzuordnen, daß sie bei jedem Hochwasser fortgenommen werden kann. Beides geschieht zuweilen. Der erste Fall ist der gewöhnliche. Die Brücken sind alsdann theils massiv, theils in Holz erbaut. Im letztern Fall müssen ihre Theile durch Eisen fest verbunden sein, so daß die Pfähle den ganzen Oberbau halten. Die Brücke muß aber dennoch eine geschützte Lage haben, und wenigstens von dem Eisgange nicht stark getroffen werden. Wenn man

andererseits die Brücken zur Zeit des Hochwassers abtragen will, so pflegt man statt der Mitteljoche nur lose Böcke in den Fluß oder Bach zu stellen, deren Füße auf Schwellen ruhen. Die Ausgleichung des Grundes, die ihrer Aufstellung jedesmal, und zwar unmittelbar nach Ablauf des Hochwassers vorangehn muß, ist indessen so schwierig und unsicher, daß man diese Methode bald zu verlassen pflegt, und lieber feste Joche aus eingerammten Pfählen wählt, wenn dieselben auch häufig zerstört werden. An solchen Stellen, wo der Eisgang besonders heftig ist, bleibt eine Schiffbrücke noch das bequemste Auskunftsmittel. Eine solche bedarf indessen dauernder Aufsicht, da ihre Aufstellung bei Aenderung des Wasserstandes verändert werden muß. Man kann dieselbe daher nur in der Nähe von bewohnten Orten einrichten.

Diese Brücken-Anlagen werden wesentlich dadurch erleichtert, daß keine schwere Lasten darüber gehn, und sonach einfachere Constructionen dabei gewählt werden dürfen, als sonst erforderlich ist. Wenn die Brücke nahe in der Richtung der Leine liegt, so daß die Pferde keine schräge Stellung annehmen, so darf ihre Breite auch sehr mäßig bleiben, und zwei oder drei Brückenbalken pflegen zu genügen, die mit Rücksicht auf die erwähnte leichte Construction ohne Nachtheil 24 Fufs, auch wohl bis 30 Fufs frei liegen.

Die Schwierigkeiten der Brücken - Anlage vermehren sich in hohem Grade, wenn der Seitenfluß schiffbar ist, oder seine Mündung zur Zeit des Hochwassers als Sicherheitshafen benutzt wird, oder wenn der Leinpfad vor einem Hafen liegt und über dessen Mündung geführt werden muß. Die meisten Arten der beweglichen Brücken verbieten sich in diesem Fall. Wegen der geringen Höhe darf man keine Klappen anbringen, deren Gegengewichte beim Oeffnen in das Wasser tauchen würden. Die Zugbrücken mit Portalen und Zuggattern sind hier gleichfalls unbrauchbar, weil das Hochwasser sie zerstören, auch der Leinenzug durch das Portal und die Hängeketten der Klappe unterbrochen würde. Diesen letzten Uebelstand vermeidet man aber auf den Kanälen in Holland dadurch, daß man die Klappe nur an eine Kette hängt, nämlich an der vom Kanal abgekehrten Seite. Alsdann verwandelt sich das Gatter in einen einzigen Balken, und das Portal in einen Ständer. Auf diese Art wird die Brücke auf der dem Strom zugekehr-

ten Seite ganz frei. Die Klappe ist freilich, wenn sie gehoben wird, sehr unsymmetrisch unterstützt, wenn sie aber an sich leicht und dabei doch fest construirt ist, so leidet sie während der kurzen Dauer des Hebens und Herablassens nicht bedeutend. Nichts desto weniger ist neben größern Strömen diese Anordnung schon aus dem ersten Grunde nicht passend, und es bleibt sonach nur noch die Wahl zwischen der Dreh- und Rollbrücke. Die erstere verdient in jeder Beziehung den Vorzug, und bei der mäßigen Stärke, die sie als Leinpfadsbrücke nur zu haben braucht, ist sie in vielen Fällen mit wenigen Kosten darzustellen, aber immer muß noch für ihre Sicherstellung während des Hochwassers und Eisganges gesorgt werden. Rollbrücken kommen nur selten vor und sind im Allgemeinen nicht zu empfehlen.

Vielfach entschließt man sich in folgenden Fällen zur Anlage von Fähren, die auch so eingerichtet werden können, daß kein Fährmann dabei nöthig ist, und der Pferdetreiber selbst sie jedesmal an die Seite hinzieht, wo er sich befindet.

Eine Unterbrechung des Leinpfads wird zuweilen dadurch veranlaßt, daß Häuser, Gärten und andre Anlagen sich bis zum Ufer hinziehn. Gemeinhin bestehn dergleichen Verhältnisse seit so langer Zeit, daß der Besitzstand durch Verjährung gesetzlich anerkannt ist, und es bleibt alsdann nur übrig, durch Ankauf des erforderlichen Terrains oder durch Ausbau eines Leinpfads im Strom die Unterbrechung zu beseitigen. Auf den sämtlichen Preussischen Strömen, wo ein regelmässiger Leinenzug besteht, ist dieses beinahe vollständig, und zwar größtentheils mit bedeutenden Kosten geschehn, so daß gegenwärtig mit wenigen Ausnahmen der Leinenzug ohne Unterbrechung vor allen Dörfern und Städten ausgeübt werden kann. An den größten Handelsplätzen ist solche Unterbrechung jedoch unvermeidlich, sie wird auch schon wegen des Anlegens der Schiffe nothwendig.

Endlich wäre noch zu erwähnen, daß während des Baues von Buhnen und bis zur Ausbildung des neuen Fahrwassers die Leinpfade oft nicht benutzt werden können. Dergleichen Erschwerungen des Schiffahrts - Betriebes sind während der Uebergangs - Periode nicht zu vermeiden, nichts desto weniger muß man bemüht sein, alsdann jede mögliche Erleichterung zu schaffen, und hierzu dient

namentlich die Einrichtung von Hilfsleinpfeilen, die oft schon wesentlichen Nutzen gewähren, wenn sie auch nur von Menschen betreten werden dürfen.

§. 61.

Sonstige Schiffahrts-Anlagen.

Außer den bereits erwähnten baulichen Anlagen sind im Schiffahrts-Interesse noch manche andre Einrichtungen nothwendig, die theils zur sichern Befahrung einzelner Strecken eines Stroms, theils aber auch zur Sicherstellung der Schiffe während des Eisganges dienen.

Jedes Schiff ist zwar mit den gehörigen Ankern versehen, wodurch es, so oft die Fahrt unterbrochen wird, festgelegt werden kann. Der Gebrauch des Ankers ist jedoch auf einem Strom sehr beschränkt. In dem Fahrwasser darf derselbe jedoch nur ausgeworfen werden, wenn er sogleich wieder gehoben werden soll, also etwa behufs einer Wendung des Schiffs, oder auch im Falle einer augenscheinlichen Gefahr, wie z. B. wenn während der Bergfahrt die Leine reißt, oder die Pferde herabgezogen werden u. dgl. In solchen Fällen werden enge Fahrwasser vollständig gesperrt, weil die nachfolgenden Schiffe dem ersten nicht sicher vorbeifahren können, und überdies für sie die Gefahr entsteht, auf den obern Arm des Ankers aufzulaufen. Ein Schiff, welches sonach längere Zeit vor Anker gelegt werden soll, muß an eine Stelle gebracht werden, wo das Strombett in großer Breite hinreichende Tiefe hat, es muß also das eigentliche Fahrwasser verlassen.

Im reinen Sande oder im sandigen Thonboden faßt der Anker ziemlich leicht, und hält das Schiff ganz sicher. Wenn der Grund aber mit Kies überdeckt ist, was bei Strömen häufig vorkommt, so kann der Anker nicht so schnell bis zur gehörigen Tiefe eindringen, und wird oft, besonders bei heftiger Strömung, noch weit fortgezogen, bis er endlich zufälliger Weise den nöthigen Widerstand findet, und das Schiff am weitem Treiben verhindert. Es kann sonach leicht geschehn, daß das Schiff, wenn man auch eine gehörig breite und tiefe Stelle des Stroms ausgesucht hat, dennoch

durch den Anker nicht gehalten, sondern auf Untiefen geschoben wird, die weiter abwärts liegen.

Zuweilen bringt man den Anker auch auf das Ufer und läßt ihn, indem er nicht sogleich in den Boden eindringt, wie eine Pflugschaar wirken. Ein Mann drückt den obern Arm desselben herab, während das Schiff den Anker stromabwärts zieht, und so schneidet dieser eine Furche ein, die immer tiefer wird, bis zuletzt, nachdem die Geschwindigkeit des Schiffs sich gemäßigt hat, der Widerstand im Boden hinreichend groß wird, um ein weiteres Herabtreiben zu verhindern. Das Ufer wird hierdurch stark beschädigt, und dieses ist um so nachtheiliger, als die Zerstörung der festen Grasnarbe leicht zu Uferbrüchen während des Hochwassers Veranlassung geben kann. Das Aussetzen der Anker auf die Ufer ist daher gemeinhin polizeilich verboten.

Die Veranlassung zum Anhalten der Schiffe wiederholt sich mit wenigen Ausnahmen, die durch Zufälligkeiten herbeigeführt werden, größtentheils an bestimmten Stellen des Stroms, nämlich an denjenigen, wo entweder mehrfach Ladungen eingenommen oder abgegeben werden, oder wo die Schiffe in Folge polizeilicher oder andrer Bestimmungen die Fahrt unterbrechen müssen, oder wo dieses nach den üblichen Einrichtungen der Tagereisen, oder Behufs der Fütterung der Leinpferde nothwendig ist. Hierzu kommen noch die Stellen, an welchen der Leinpfad auf das andre Ufer tritt, und ähnliche Veranlassung zum Anhalten der Schiffe stattfindet. In allen diesen Fällen wird die Schiffahrt wesentlich erleichtert, wenn man daselbst einen oder mehrere Schiffshalter aufstellt.

Dieselben erheben sich etwa 3 Fuß über den Boden und bestehen aus Rundholz, vorzugsweise wegen der längern Dauer aus Eichenholz. Das Stammende bildet den Kopf, der gemeinhin halbkugelförmig zugeschnitten wird. An dem freistehenden Theil dürfen keine scharfen Kanten vorkommen, durch welche das Tau beschädigt werden könnte. Am untern Ende versieht man den Pfahl mit einer Spitze. Die Beischaffung und Aufstellung einer Ramme, würde die Kosten zu sehr vergrößern, man bedarf derselben auch nicht, wenn man zur Zeit eines niedrigen Wasserstandes ein Loch bis zum Grundwasser gräbt, und hierin den Pfahl mit der Spitze stellt. Die Arbeiter fassen ihn alsdann, und neigen ihn abwechselnd

hin und her, und rechts und links, wobei er leicht noch einige Fuß tief eindringt. Sodann wird die ausgegrabene Erde wieder in das Loch geworfen, und mittelst Stampfen gehörig befestigt. Um den Schiffshalter noch mehr zu sichern, legt man nahe unter der Oberfläche des Bodens noch ein oder zwei Querhölzer davor, gegen welche er sich lehnt, und wenn er einem starken Zuge ausgesetzt ist, so stößt man vor diese noch einige kleine Pfähle in den Boden. Gewöhnlich stehn die Schiffshalter dicht hinter dem Leinpfade.

Wo das Fahrwasser sehr enge, das Flußbette aber sehr breit ist, muß man das Erstere besonders kenntlich machen. Dieses geschieht am einfachsten durch Zweige, die man in das Flußbette steckt. Man nennt sie Baacken, sie sind aber wenig sicher und werden auch oft muthwilliger Weise verändert, woher sie nur als ein unzulängliches Auskunftsmittel angesehen werden können. Nicht viel besser sind die schwimmenden Signale. Dieselben bestehen aus Holz-Klötzen oder kleinen Tonnen, die mittelst Tauen an Steinen befestigt sind. Die Taue müssen aber so lang sein, daß die Signale bei wachsendem Wasser noch an der Oberfläche bleiben, und dieses giebt Veranlassung, daß sie bei kleinem Wasser stark seitwärts treiben und sonach die Rinne keineswegs ganz sicher durch sie bezeichnet wird. Außerdem werden sie auch leicht entwendet, oder treiben von selbst fort.

Wenn man eine schmale Rinne sicher markiren will, so kann dieses nur durch Signale geschehn, die auf dem Ufer stehn. Die Linie, welche man bezeichnet, ist die Mittellinie oder die Achse der Rinne, und in der Verlängerung derselben stehn zwei weit sichtbare Signale hinter einander. Dieselben müssen aber auch verschieden bezeichnet sein, damit der Schiffer weiß, welches das vordere und welches das hintere ist, weil er sonst bei ihrem Auseinandergehn nicht wissen würde, ob er sich rechts oder links wenden müßte.

Außer diesen Signalen, welche die Lage und Richtung des Fahrwassers angeben, müssen in manchen Fällen noch andre Zeichen vom Ufer aus gegeben werden, wodurch das Entgegenkommen eines Schiffes u. dgl. bezeichnet wird. Diese Signale, Wahrschauen genannt, werden gemeinhin nur aus freier Hand mit

einer kleinen Flagge gegeben, ohne daß besondere Vorrichtungen dazu erforderlich sind.

Wenn Brücken über den Strom führen, die nicht geöffnet werden können, so muß der Mast vorher niedergelegt und später wieder aufgestellt werden. Zuweilen befinden sich zu diesem Zweck auf den Schiffen selbst gewisse Winde-Vorrichtungen, wie solche auf den Ruhrschiffen üblich sind. Wenn dagegen bei der Bergfahrt wegen fehlender Leinpfade vorzugsweise die Schiffe segeln, wie dieses auf der Elbe, Oder, Weichsel und dem Pregel geschieht so haben die Masten grössere Höhe und sind alsdann nur mittelst kräftiger, festen Vorrichtungen aufzustellen. In grössern Handelsplätzen ist es gewöhnlich nicht schwer, die Masten zu richten oder niederzulegen, denn hier kann man an den Masten andrer Schiffe die Flaschenzüge befestigen, und dadurch das Aufstellen und Niederlegen bewirken. Wenn aber auf dem Wege selbst und zwar an einer Stelle, wo die Schiffe sich gewöhnlich nicht ansammeln, eine feste Brücke vorkommt, oder Verbindungen mit andern schiffbaren Gewässern liegen, die nur mit niedergelegten Masten befahren werden dürfen, wie dieses auf Kanälen gewöhnlich geschieht, so müssen Mastenrichter erbaut werden.

Dieselben bestehn meist in Rüstungen, die gewöhnlichen Krahnennicht unähnlich sind und sich von denselben nur durch ihre Höhe und durch die Unbeweglichkeit des Auslegers unterscheiden. An der Oder sieht man verschiedene Mastenrichter, wobei der Mast etwa in seiner Mitte durch das Hebezeug gefasst, und am untern Ende fest gehalten wird. Indem man hierauf das Schiff zurückschiebt, hebt sich der Mast und nimmt nach und nach die vertikale Stellung an. Das Niederlegen erfolgt in ähnlicher Weise. In beiden Fällen muß die Gelegenheit geboten werden, das Schiff sicher vor- und zurückzuziehen. Diese Mastenrichter bestehn sonach aus zwei Holzwänden, die von einander so weit entfernt sind, daß ein Schiff dazwischen fahren kann. Ihre Höhe kommt etwa der halben Höhe des Mastes gleich, und an einem übergelegten Balken wird der Flaschenzug befestigt, während gemeinhin eine Erdwinde zum Heben oder Herablassen des Mastes dient.

Von besondrer Wichtigkeit sind endlich noch die Flufshäfen. Ihr Zweck ist von dem der Seehäfen wesentlich verschieden, indem sie nur zur Sicherung der Schiffe während des Hochwassers

und namentlich während des Eisgangs dienen. Das Laden und Lossen der Flussschiffe geschieht fast jedesmal im freien Strom, weil es wegen der unbeschränkten Wahl der Anlegestelle daselbst mit mehr Bequemlichkeit als im Hafen erfolgen kann. Letzterer ist wegen der Dämme, die ihn umgeben, zur Zeit des Sommers hierzu auch wenig geeignet, weil die Schiffe alsdann tief unter jenen wasserfreien Umgebungen liegen, und der Zugang zu ihnen aus diesem Grunde meist steil und unbequem ist.

Selbst im Winter pflegen keineswegs alle Schiffe in den Hafen gebracht zu werden, sie bleiben vielmehr so lange, als das Wasser offen ist, in der Fahrt, und wenn endlich die Gefahr entsteht, daß sie einfrieren könnten, so werden sie an eine sichere Uferstelle in der Nähe oder in einen Flußarm gebracht, wo sie unter gewöhnlichen Verhältnissen gleichfalls geborgen sind. Nur wenn ein besonders starker Eisgang, verbunden mit hohem Wasserstande zu erwarten ist, so wird ein mehr gesicherter Zufluchtsort gesucht, den aber das Schiff unter solchen Umständen theils wegen der kurzen Dauer der Zwischenzeit, theils aber auch wegen des Eises gewöhnlich nicht mehr erreichen kann. In solchen Fällen wird gemeinhin über Mangel an sichern Häfen laute Klage geführt. Sobald dieser Wunsch indessen berücksichtigt ist, und Häfen eingerichtet sind, so werden sie doch keineswegs regelmäßig benutzt und bleiben sogar während mancher Winter eben so leer, wie im Sommer.

Man darf hiernach bei Anlage von Flußhäfen keineswegs erwarten, daß der Ertrag des Hafengelds die Kosten der Anlage decken kann, derselbe reicht sogar in den meisten Fällen nicht einmal zur Bestreitung der Unterhaltungs- und Beaufsichtigungskosten hin. Nichts desto weniger sind die Flußhäfen während ungewöhnlicher Ereignisse doch dringend nöthig, und zwar müssen sie, wenn sie von Nutzen sein sollen, nicht gar zu weit von einander entfernt und hinreichend groß sein, um eine gehörige Anzahl von Schiffen zu fassen.

Die erwähnten Flußhäfen, die eigentlich allein diesen Namen verdienen, nennt man häufig Sicherheits-Häfen, und zwar im Gegensatz von den gewöhnlichen Ausladestellen, die an manchen Strömen gleichfalls Häfen genannt werden. In einzelnen Fällen sind beide Arten von Anlagen mit einander verbunden. So finden

z. B. im Ruhrorter Hafen nicht nur die Schiffe während des Winters Schutz, sondern die Ruhr-Schiffe löschen daselbst auch die Kohlen, während die Rheinschiffe diese einladen. Auch diejenigen Uferstellen, woselbst die vom Auslande kommenden Waaren steuerfrei niedergelegt werden, zählt man noch zu den Häfen, und nennt sie Freihäfen. Sie kommen nur auf solchen Strömen vor, die zu verschiedenen, durch keinen Zollverein verbundenen Staaten gehören, wo also der Strom, wenn er auch streckenweise auf beiden Seiten von demselben Staate umschlossen wird, und sonach in polizeilicher Beziehung diesem angehört, dennoch mit Rücksicht auf die Steuer-Verhältnisse als Ausland betrachtet wird. In Bezug auf bauliche Anlagen darf hier nur auf die eigentlichen Flusshäfen oder Sicherheitshäfen Rücksicht genommen werden.

Wie schon erwähnt, finden die Schiffe zuweilen in alten Flussarmen, selbst während eines starken Eisganges hinreichenden Schutz. Wenn solche Arme entweder von selbst, oder durch künstliche Anlagen einer starken Durchströmung entzogen sind, so ist die Verflachung in der obern Mündung am bedeutendsten, während sie unten geringer bleibt, und in der Mitte oft ganz fehlt. Gemeinhin strömt indessen das Hochwasser während einer langen Reihe von Jahren, nachdem die obere Mündung schon stark versandet ist, noch kräftig hindurch, weil das Flussbett nur langsam und nie über die Höhe der Thalsole anwächst, also niemals ganz wasserfrei wird. Nichts desto weniger kann die obere Mündung doch so hoch aufwachsen, daß dadurch der Strom sehr gemälsigt wird, und wenn vollends das Weidenstrauch sich endlich in eine sogenannte Kopfweiden-Pflanzung verwandelt, wozwischen der Rasen noch gut gedeiht und einen reichen Ertrag zu geben pflegt, so verhindern die Baumstämme das Durchtreiben von grössern Eischollen, und der untere und mittlere Theil jenes Armes erhält dadurch eine so geschützte Lage, dass die Schiffe darin sicher geborgen sind. Der grösste Uebelstand pflegt dabei in der Verflachung der untern Mündung zu bestehn. Bei kleinem Wasser ist diese Mündung beinahe trocken, so dass während desselben kein beladnes Schiff hinein- oder herausgebracht werden kann. In der Zeit, wenn der Hafen gesucht wird, pflegt freilich der Wasserstand ziemlich hoch zu sein, woher das Hineinfahren keine Schwierigkeit macht, wenn aber das Hochwasser nach dem Eisgange nicht lange

anhält, so können die Schiffe häufig nicht schnell genug herausgehn, besonders wenn der größte Theil der Mannschaft während des Winters entlassen war und sich zerstreut hatte. Es geschieht alsdann wohl, daß die Schiffe lange Zeit hindurch in solchem Hafen liegen und entweder lichten, oder warten müssen, bis wieder ein höherer Wasserstand eintritt. Dergleichen Stromarme werden häufig in künstliche Häfen umgewandelt, indem man die obern Mündungen in wasserfreier Höhe schließt, die untern dagegen, so weit es geschehn kann, verengt, und außerdem befestigt und gehörig vertieft.

Bei neuen Hafenanlagen kommt es vorzugsweise auf die vollständige Sicherung der darin liegenden Schiffe an, es darf daher selbst zur Zeit des Hochwassers keine Strömung hindurchgehn, und noch weniger dürfen die Schiffe vom Eisgange getroffen werden. Der Hafen nimmt dagegen bei jedem Hochwasser denselben Wasserstand an, der im Strom stattfindet, und es ist entbehrlich, ihn von allen Seiten mit wasserfreien Dämmen zu umgeben. Stromaufwärts dürfen dieselben freilich nicht fehlen, eben so wichtig sind sie zwischen dem Hafen und dem Strom. Gemeinhin gewinnt man beim Ausgraben und Ausbaggern so viel Erde, daß die Ausführung bedeutend erleichtert wird, wenn man das Material in der Nähe ablagern kann, und dieses ist der Grund, weshalb die meisten Häfen mit hohen und oft übermächtig starken Dämmen oder Deichen umschlossen sind. Letztere liegen gewöhnlich dem Hafen-Bassin so nahe, daß nur ein schmaler Communicationsweg in geringer Höhe über dem gewöhnlichen Wasserstande sich rings herum zieht. Dahinter beginnt sogleich die Dossirung, die entweder ununterbrochen sich erhebt oder mit schmalen Banketen versehen ist, doch jedesmal möglichst steil gehalten wird, um sowol den Ankauf des Grundes zu beschränken, als auch weite Erdtransporte zu vermeiden. Zuweilen fehlt sogar der erwähnte Weg, und die Dossirungen beginnen unmittelbar am Rande des Hafens, was jedoch für den Verkehr sehr unbequem ist.

Durch die wasserfreien Hafen-Dämme wird jedesmal das Fluthprofil des Stroms beschränkt, und man muß sorgfältig untersuchen, in welchem Maasse dieses geschehn darf, ohne eine merkliche Erhöhung des Wasserstandes in den obern Stromstrecken oder eine nachtheilige Verstärkung des Stroms zur Seite des Hafens

zu veranlassen. Gemeinhin haben die Flufshäfen eine solche Lage, daß sie sich der Länge nach neben dem Strom hinziehen, und ihre größte Achse zu demselben parallel gerichtet ist. Jedenfalls darf der Hafen aber nicht auf der hintern Seite umströmt werden, weil er sonst eine Stromspaltung zur Zeit des Hochwassers bilden würde. Endlich ist es auch wichtig, den Hafendamm so zu legen, daß er in Verbindung mit den benachbarten wasserfreien Ufern eine regelmäßige Begrenzung des Fluthprofils darstellt.

Nächst der gesicherten Lage ist die gehörige Tiefe ein dringendes Bedürfnis für einen Flufshafen, und zwar muß diese nach den kleinsten Wasserständen bestimmt werden, die überhaupt vorkommen, weil solche grade während des Winters und des strengsten Frostes, also in der Zeit, wo der Hafen am meisten benutzt wird, häufig eintreten. Im Allgemeinen muß der Hafen diejenige Wassertiefe haben, welche sich auf den flachsten Stellen im Strom vorfindet. Wäre dieses nicht der Fall, so würde ein Schiff, welches so tief beladen ist, daß es nur eben auf dem freien Strom noch fahren kann, schon verhindert werden in den Hafen zu gehn.

Die künstlich dargestellte Tiefe pflegt sich indessen in einem Hafen nicht lange zu erhalten, weil bei jeder Anschwellung trübes Wasser in das Hafenbassin tritt, daselbst vollständig zur Ruhe kommt, so daß alle darin schwebende erdige Theilchen zu Boden sinken, während bei fallendem Wasser dieses rein abfließt. Man muß aus diesem Grunde in kurzen Zwischenzeiten die Vertiefung des Hafens wiederholen. Am Rhein versanden die Häfen in jedem Jahr etwa 8 Zoll hoch, woher man durchschnittlich alle drei Jahr einmal die Häfen ausbaggert, und zwar alsdann eine Vertiefung von 2 Fuß vornimmt. Die Verflachung wird aber befördert, wenn man etwa Mühlenflüsse einleitet, und mittelst derselben eine Spülung veranlassen will. Eben so nachtheilig wäre es auch, wenn man, wie oft vorgeschlagen wird, das Wasser aus dem Strom selbst zu gleichem Zweck auf der obern Seite in den Hafen einleiten wollte. Bedeutende Wassermassen kann man auf diese Weise dem Hafen nicht zuführen, weil sonst die Schließung der Oeffnung zur Zeit des Hochwassers zu schwierig wäre. Man bildet also nur einen schwachen Nebenarm, in dessen weitem Profile die Geschwindigkeit des hindurch fließenden Wassers beinahe ganz aufhört, und sonach jedes eintretende Erdtheilchen darin liegen bleibt.

Endlich ist es dringend nöthig, der Verunreinigung des Hafens, und zwar eben sowohl vom Ufer, als von den Schiffen aus durch polizeiliche Maafsregeln vorzubeugen. Hierzu gehört auch, dafs ein willkührliches Betreten der unbefestigten Hafendossirungen nicht stattfinden darf, weil dabei gleichfalls Erdmassen gelöst werden, die entweder unmittelbar herabfallen oder bei starkem Regen in den Hafen gespült werden.

Besonders wichtig ist die Erhaltung der Tiefe in der Hafenmündung. Die Verflachung pflegt daselbst weit stärker zu sein, als im innern Hafen, weil nicht nur die im Wasser schwebenden Theile sich hier zu Boden setzen, sondern ausserdem auch der auf dem Strombett treibende Sand und Kies hineingestossen wird. Die Aufräumung der Hafenmündung mufs daher gemeinlich in jedem Jahre vorgenommen werden. Einigermassen kann man die Verflachung hier vermindern, wenn man die Mündung stromabwärts kehrt. Die davor stehende Erdzunge oder der Hafenkopf hat alsdann die Richtung einer declinanten Buhne, und dieselben Gründe, welche dicht unterhalb einer solchen die Versandung verhindern, schützen auch die Hafenmündung vor übermäfsigen Verflachungen.

Die stromabwärts gekehrte Richtung der Einfahrt ist auch für den Schiffsverkehr die bequemste. Normal gegen den Strom darf die Mündung nicht gerichtet sein, denn die aus- und eingehenden Schiffe würden alsdann quer gegen den Strom gestellt werden müssen, was bei heftiger Strömung nicht möglich ist. Es bleibt sonach nur die Frage, ob es für den Schiffahrts-Betrieb vortheilhafter ist, die Mündung stromauf- oder stromabwärts zu kehren. Im ersten Fall würde nicht nur das Hineintreiben des Eises zu besorgen sein, sondern ausserdem könnten die in der Thalfahrt begriffnen Schiffe, die man in den Hafen bringen will, dennoch nicht unmittelbar hineinfahren, weil sie nicht so sicher zu steuern sind, dafs man es wagen dürfte, sie mit der vollen Geschwindigkeit des Stroms in die schmale Mündung treten zu lassen. Sie müßten vielmehr vorher angehalten, dabei gedreht, und rückwärts in den Hafen geführt werden. Ein im Hafen liegendes Schiff, welches stromaufwärts gehn soll, könnte allerdings ohne Unterbrechung vom Hafen aus die Fahrt beginnen. Für diejenigen Schiffe, welche von unten heraufkommen und in den Hafen gebracht werden, oder

die im Hafen gewesen sind und die Thalfahrt antreten sollen, ist augenscheinlich eine stromabwärts gekehrte Mündung viel zweckmäßiger. Die letzte Richtung ist sonach unter den vier vorkommenden Fällen dreimal die günstigere, woher man sie allgemein zu wählen pflegt.

Der Hafenkopf ist dem Angriff des Stroms stark ausgesetzt, insofern er eine scharf vortretende Ecke bildet, er muß daher gehörig befestigt sein, und zwar wird er gewöhnlich durch eine Steindecke gesichert und über Wasser abgepflastert. Eine flache Dossirung unter Wasser darf er nicht erhalten, weil dadurch die Schiffahrt behindert würde, man führt ihn vielmehr möglichst steil auf, lehnt ihn auch wohl bis zur Höhe des niedrigsten Wassers gegen eine verankerte Holzwand. Sollte aber neben derselben eine große Tiefe sich bilden, so verschüttet man diese mit Steinen bis zu solcher Höhe, daß die Schiffe noch stets darüber gehn können. Sollte das Ufer mit Buhnen verbaut sein, so muß der Hafenkopf sich denselben anschließen und in ihre Streichlinie fallen.

Von besondrer Wichtigkeit ist es endlich, daß derjenige Theil des Flußbettes, der die Hafenmündung mit dem eigentlichen Fahrwasser verbindet, die gehörige Tiefe hat. Die Erhaltung derselben wird aber besonders schwierig, wenn der Strom in Folge sonstiger lokalen Verhältnisse an dieser Stelle entweder bei kleinem oder bei hohem Wasserstande Sand und Kiesbänke aufwirft, die jedesmal, sobald sie entstanden, von Neuem zu beseitigen sind. Man muß sonach schon bei der Auswahl der Stelle für den Hafen hierauf Rücksicht nehmen, und die Mündung in ein Ufer verlegen, welches unmittelbar das tiefe Fahrwasser begrenzt. Dieses findet vorzugsweise an den concaven Ufern statt.

Ueber die sonstigen Anordnungen eines Flußhafens ist wenig zu erinnern. Seine Dimensionen sind durch die Anzahl und Größe der Schiffe bedingt, welche darin gesichert werden sollen. Ebenso ist die Breite der Mündung von der größten Breite der Schiffe abhängig.

Ferner müssen die nöthigen Schiffshalter angebracht, und mit Bezug auf die Länge der Schiffe so vertheilt sein, daß letztere möglichst bequem daran befestigt werden können. Der oben erwähnte Weg rings um den Hafen, und zwar in geringer Höhe über dem gewöhnlichen Wasserstande, ist gleichfalls als dringendes

Erforderniß zu betrachten. Dieser Weg muß auch durch eine hinreichende Anzahl bequemer Zugänge, am besten durch steinerne oder wenigstens hölzerne Treppen mit der Krone des Deiches verbunden sein.

§. 62.

Holz-Flösserei.

Das Flößen des Holzes bildet einen wichtigen Theil des Güter-Verkehrs auf Flüssen und Strömen. Es werden dabei keine Schiffe benutzt, sondern das Holz schwimmt unmittelbar auf dem Wasser. Nichts desto weniger sind zum Zweck der Flösserei doch manche bauliche Anlagen nöthig, auch kommen dabei verschiedene Umstände in Betracht, welche den Strombau nahe berühren.

Die Flösserei, welche mit sehr seltenen Ausnahmen immer stromabwärts geschieht, wird auf zwei verschiedene Arten betrieben. Die ganzen Stämme, also das Bauholz, verbindet man zu Flößen, deren Länge und Breite von der Beschaffenheit des Strombetts und der Schleusen und Archen abhängt, welche passirt werden müssen. Das Brennholz dagegen wird, bevor man es in den Strom bringt, in Scheite oder Kloben von den üblichen Dimensionen zerschnitten und schwimmt ohne irgend eine Verbindung lose herab.

Ueber die Flösserei der ersten Art ist wenig zu sagen, sie findet bei kleinen Flüssen gewöhnlich nur zur Zeit eines höhern Wasserstandes statt, weil die Untiefen alsdann weniger nachtheilig sind, auch die Wehre in dieser Zeit so hoch überströmt werden, daß sie zum Theil überfahren werden können. Das Letzte ist jedoch immer und selbst bei mäßigem Gefälle mit manchen Schwierigkeiten verbunden, namentlich taucht das Floss, sobald es den Wehrrücken passirt hat, tief ins Unterwasser ein, während es keineswegs sich selbst überlassen herabtreiben darf, vielmehr vollständig bemannt sein muß, damit es an der passendsten Stelle und in der gehörigen Richtung über das Wehr geht, und gleich darauf wieder ins Fahrwasser kommt. Man darf also nur kräftige und geübte Leute hierbei benutzen, welche die Gefahr kennen, und sicher auf

dem Floss stehn, wenn dasselbe auch einige Fuß tief unter Wasser taucht. Gemeinhin gehn indessen die Flösse durch Freiarchen, deren Weite die Breite der Flösse bedingt.

Im Allgemeinen sind die Flösse schwer zu regieren. In voller Fahrt lenkt man sie dadurch, daß an ihren vordern und hintern Enden eine Anzahl Rieme oder Streichruder nach der einen oder der andern Seite, also quer gegen den Strom geschlagen werden, wodurch dem Floss einige Seitenbewegung oder Drehung mitgetheilt werden kann. Diese Bewegung ist aber im Vergleich zu der Geschwindigkeit, womit das Floss stromabwärts treibt, meist nur sehr geringe, und man muß daher zeitig genug und zuweilen sogar schon ehe die Kiesbank oder der sonstige Gegenstand, dem man ausweichen will, sichtbar ist, mit der Handhabung der Ruder den Anfang machen. Hiernach ist es dringend nöthig, daß die Führer größerer Flösse sowohl das Fahrwasser, als auch die Stärke und Richtung der Strömung an allen einzelnen Stellen genau kennen, und danach die passenden Maafsregeln zu ergreifen wissen. Auf dem Rhein wird die Führung der großen Flösse nur den geschicktesten Steuerlenten anvertrant, die sich gemeinhin auch hiermit ausschließlich beschäftigen. Ihre Kunst steht aber im Allgemeinen in höherer Achtung, als die der Steuerleute für Segel- und Dampfschiffe.

Wenn die Sohle des Betts dazu geeignet ist, so kann man das Floss auch durch Anker steuern, die man nachschleppen läßt. Sie mäßigen eines Theils die Geschwindigkeit, wodurch die Wirksamkeit der Ruder verhältnißmässig verstärkt wird, andern Theils geben sie aber auch dem Floss schon unmittelbar eine angemessene Richtung. Die Ankertaue werden dabei immer hinten befestigt, und je nachdem dieses an der rechten oder an der linken Seite geschieht, so stellt sich das Floss etwas schräge, und indem es alsdann den Stofs des Wassers von der Seite erhält, so treibt der Strom selbst es nach der einen, oder der andern Seite.

Beim Anhalten und Festlegen des Flosses ist besondere Vorsicht nothwendig. Man darf es nicht auf Untiefen auflaufen lassen, weil es sich bei seiner großen Masse darauf so fest aufschieben würde, daß es nicht mehr davon abgebracht werden könnte, und man es entweder so weit es aufliegt, in die einzelnen Stämme zerlegen, oder einen höhern Wasserstand abwarten müßte,

wobei es wieder von selbst flott würde. Einzelne Anker sind auch nicht im Stande, das Floss schnell genug anzuhalten, und wenn dieselben wirklich hinreichenden Widerstand finden sollten, so würden die Ankertaue bei dem grossen Moment der Bewegung zerreißen. Man muß also dafür sorgen, daß die Bewegung nach und nach vermindert wird. Dieses geschieht mittelst der Anker an solchen Stellen des Stroms, wo der Grund auf lange Strecken rein und eben ist. Durch Auswerfen mehrerer Anker, die beim Nachschleppen den Grund durchwühlen, vermindert sich schon merklich die Geschwindigkeit, und sobald dieses geschehn ist, werden andre Anker auf das Ufer gesetzt, die wie Pflugschaaren in dasselbe einschneiden, bis endlich das Floss zum Stillstand kommt. Sobald es aber fest liegt, muß es durch Bäume gehörig abgesetzt werden, damit es nicht etwa bei fallendem Wasser irgendwo den Grund berührt oder durch den Wind auf das Ufer oder eine Kiesbank geschoben wird. Diese Rücksichten sind um so dringender und zugleich um so schwieriger zu beobachten, je größer die Flösse sind, und keine andre Art der Schiffahrt erfordert daher so sorgsame und kundige Führer, als diese.

Die grossen Holzflösse auf dem Rhein, die zuweilen bei Mainz, zuweilen weiter abwärts bis oberhalb Coblenz verbunden werden, und gemeinhin bis Dortrecht fahren, sind wegen ihrer Grösse berühmt. Sie verdienen aber auch wegen ihrer Zusammensetzung und noch mehr wegen der verschiedenen Vorkehrungen zur sichern Führung eine nähere Beschreibung. Diese dürfte auch insofern von Wichtigkeit sein, als die größten Flösse nach und nach verschwinden. Wenn der Holzhandel auch nicht merklich abnimmt, so findet man es in neuerer Zeit, wie es scheint, bequemer und wohlfeiler oder sicherer, die Transporte zu theilen und statt eines grossen, mehrere kleine Flösse zu erbauen.

Fig. 253. auf Taf. XXXIII. zeigt ein Rheinisches Holzfloss der größten Art. *) Es ist in seiner vollständigen Zusammensetzung 850 Fufs lang, 150 Fufs breit und geht etwa 6 Fufs tief, während es noch 2 Fufs über Wasser liegt.

Der Haupttheil desselben ist das sogenannte Steifstück von

*) Entnommen aus Herman's Abbildungen der verschiedenen Gattungen von Fahrzeugen, wie man sie auf dem Rheine sieht (ohne Jahreszahl).

660 Fufs Länge und 100 Fufs Breite. Vor demselben befinden sich zwei kleinere, besonders verbundene Flösse *A* und *B* von derselben Breite, jedoch nur 80 Fufs lang. Man nennt sie das vordere und das zweite Knie. Zu beiden Seiten der letzten, so wie auch des Steifstücks sind endlich noch sechs Flösse befestigt, deren Länge mit der der ersten übereinstimmt, und deren Breite durchschnittlich 25 Fufs beträgt. Dieses sind die Anhänge. Sie gehn gewöhnlich weniger tief als jene, und sind so verbunden, daß sie, wenn es nöthig werden sollte, leicht gelöst werden können.

Die Verpackung des Holzes oder die Zusammensetzung des Flosses erfolgt mit großer Vorsicht. Die untern Lagen bestehn aus Tannen-Stämmen, bis 100 Fufs Länge, die vom Ober-Rhein und Main kommen. Sie sind specifisch viel leichter als das Wasser, woher sie das ganze Floss tragen. Darüber wird das Eichenholz gepackt, die geraden Stämme zur Seite, das zum Schiffbau bestimmte Krummholz in die Mitte. Bohlen, Dielen und Fafsdauben bilden den obern Theil, und namentlich sorgt man dafür, daß die schwächern Stücke, wie dünne Dielen aus Tannenholz über Wasser kommen, während die eichnen Fafsdauben zum Theil schon zwischen das Schiffsbauholz gepackt werden. Das ganze wird durch die Abwechslung in der Richtung der Holzstücke, welche die einzelnen Lagen bilden, und durch übergengenagelte Leisten fest verbunden und mit Bohlen von geringerem Werthe überdeckt. Für die Arbeiter sind indessen noch besondere Gänge eingerichtet und mit Laufdielen übernagelt, woher jene Bohlen nicht viel betreten werden.

Die Verbindung des Steifstücks mit dem zweiten Knie, sowie auch der beiden Kniee unter sich, ist in der Mittellinie des Flosses durch junge biegsame Eichenstämme No. 4 und 6 dargestellt, doch befinden sich an jeder Seite derselben noch vier starke Taue, um sie zu unterstützen. Von dem vordern Knie tritt nach jeder Seite ein starker Eichenstamm No. 2 vor, der horizontal auf dem Floss liegt und etwas über den Anhang herausragt. Dieselben heißen Schillbäume oder Spindeln. Sie werden am äufsern Ende von starken Tauen gefaßt, die nach den Erdwinden oder Kappständern No. 8 führen. Wird eine dieser Erdwinden angezogen, die andre aber nachgelassen, so krümmt sich der vordere Theil des Flosses und hierdurch dreht sich nicht nur das ganze Floss, indem der Stofs des Wassers am vordern Theil die eine und am hintern Theil

die andre Seite desselben trifft, sondern es ist auch um so leichter durch scharf gekrümmte Fahrwasser zu bringen.

Besonders sicher müssen diejenigen Bäume mit dem Floss verbunden sein, woran die Ankertaue befestigt werden. Zum Anschlagen und Feiern der Taue sind starke cylindrische Riegel hindurchgesteckt. Dieselben heißen Maue. Die Hauptmaue, auch der Hauptständer genannt, befindet sich nahe am hintern Ende No. 19. Am vordern Ende des Steifstücks ist eine zweite No. 9 angebracht, die man die Hunds-Maue nennt. Der Zweck derselben ist folgender: wenn eine besonders scharfe Stromkrümmung passirt werden soll, namentlich die Stelle oberhalb St. Goar, so geht ein Nachen mit schweren Ankern und Tauen versehn voran, und diese Anker werden auf der vortretenden Uferdecke ausgebracht, und darin fest eingestellt. Die Taue derselben werden auf das vorbeifahrende Floss gegeben und schnell an der Hundsmaue befestigt. Das Floss wird dadurch gehalten, so daß es nicht der tangentialen Richtung folgen kann und die gehörige Drehung machen muß. Ferner befinden sich auch auf den Knien die Mauern No. 3 und 5, die zum Anhalten der Kniee dienen, falls diese bei etwanigem Aufstoßen auf Felsen oder auf das Ufer abbrechen, oder auch wohl im Fall der Noth absichtlich vom Steifstück getrennt werden sollten. Endlich sind auch noch die sämtlichen Anhänge mit kleinen Mauern versehn.

Man sieht in der Figur vorn und hinten die Reihe von Streichrudern. Das Hauptfloss trägt an jedem Ende zwei und zwanzig derselben, und je zwei befinden sich noch an den Anhängen zu jeder Seite, so daß ihre ganze Anzahl zwei und funfzig beträgt. Jedes ist gewöhnlich mit sechs Mann besetzt, die auf den Ruderbänken No. 1 und 21 stehn. Eine dritte Ruderbank, der Zufluchtsort genannt, befindet sich noch am vordern Ende des Steifstücks, und dieselbe ist auch vollständig mit Riemen belegt, damit im Fall der Gefahr, wenn die Kniee getrennt werden, die Mannschaft der vordern Ruderbank hier augenblicklich eintreten kann. Die Ruder werden fast ununterbrochen, bald stärker, bald schwächer, und bald nach der einen, bald nach der andern Seite geschlagen. Die Signale zu diesen verschiednen Bewegungen werden von den beiden Ruderstühlen No. 20 gegeben. Letztere bestehn in zwei Aufbauten von etwa 20 Fufs Höhe, welche eine freie Aussicht über das ganze Floss gestatten. Auf jedem steht ein Mann, der mit einem Hut die Signale

giebt. Von dem einen Ruderstuhl aus wird die vordere Ruderbank und von dem andern die hintere signalisirt. Der Steuermann, der das Ganze leitet, steht auf dem einen oder dem andern Ruderstuhl, von dem er jedesmal die Verhältnisse am besten übersehn kann. Er ruft den beiden erwähnten Leuten mündlich die Zeichen zu, und ertheilt auch alle sonstigen Befehle, welche die Lenkung des Flosses betreffen.

Sechzehn bis zwanzig Nachen, jeder mit sieben Mann besetzt, begleiten das Floss, und namentlich dienen sie dazu, um so oft es nöthig ist, die Anker auszubringen und demnächst wieder aufzuheben. Die Anker nebst den zugehörigen Schwimmern oder Buoyen, die gemeinhin Backeltönnchen heißen, liegen größtentheils auf den Anhängen bei *E*, während die Taue auf dem Raum *D*, oder der sogenannten Lappenbrücke aufgeschossen sind. Die Anzahl der Anker beträgt bis vierzig und oft darüber. Zur Seite der Anhänge und auf denselben liegen die Schurbäume und Schurmaste, die vorzugsweise dazu dienen, das Floss vom Ufer entfernt zu halten, wenn es vor Anker liegt, in welchem Fall sie schräge ausgesetzt werden.

Die ganze Besatzung besteht aus etwa fünfhundert Mann, die sämmtlich nicht nur während der Fahrt, sondern auch in der Nacht und selbst wenn die Reise durch widrige Winde Wochen lang unterbrochen werden sollte, auf dem Floss bleiben. Sie haben daher hier nicht nur vollständige Wohnungen, so daß das Floss wegen der Menge der darauf stehenden Hütten das Ansehn eines Dorfes bietet, sondern Alles, was zu ihrer Beköstigung während der ganzen Fahrt dient, befindet sich gleichfalls daselbst. No. 10 ist die Hütte für die sieben Mann, die an den Kappständern arbeiten, No. 11 Viehstall und Schlachthaus, No. 12 sind sechs Hütten für die Ruderer, No. 13 ist die Wohnung des Flossherrn, worin sich eine Menge Zimmer und Wirthschaftsräume, so wie auch das Comptoir befinden. An der vordern Seite dieser Hütte liegt ein elegant eingerichteter Saal, der gemeinhin durch Orangenbäume und Blumen geschmückt ist.

Auf dem Raume *C* neben der Wohnung des Flossherrn befindet sich das Bierlager mit der nöthigen Verdachung versehen. No. 14 enthält die Küche, die Backöfen, das Waschhaus nebst der Wohnung des Oberkochs und die Schreiner- und Küper-Werkstatt. No. 15 ist das Haupt-Magazin für die verschiednen Vorräthe, worin

sich zugleich die Wohnung des Proviantmeisters befindet. No. 16 die Hütte für die Mannschaft, welche zu den Nachen gehört, No. 17 die Wohnung des Steuermanns und No. 18 die Hütte des Unteraufsehers und der Haupt-Arbeiter. Zur Verproviantirung eines solchen Flosses rechnet man 40 bis 50,000 Pfund Brod, 12 bis 20,000 Pfund Fleisch, 10 bis 15,000 Pfund Käse, 10 bis 15 Centner Butter, 8 bis 10 Centner gesalzenes, 60 bis 80 Centner rohes Gemüse und 500 bis 600 Ohm Bier, woher die Rhein-Schiffahrts-Verwaltung 6000 Centner steuerpflichtiger Gegenstände als Provision der Mannschaft oder als Inventarium des Flosses zollfrei passiren liefs.

Es muß noch erwähnt werden, daß solchem Floss, wenn es in der Fahrt ist, jedesmal zwei mit besondern Flaggen bezeichnete Nachen oder sogenannte Wahrschauen vorangehn. Einer fährt 2 Stunden, der andre etwa 45 Minuten vor dem Floss. Sie kündigen die Ankunft desselben an, und sobald sie erscheinen muß das Fahrwasser überall, soweit nöthig, geräumt und die Schiffbrücken vollständig mit Mannschaft besetzt werden, da sich nicht vorhersehn läßt, welchen Weg das Floss beim passiren der Brücke nehmen wird, und sonach jeder Theil derselben schnell abgefahren werden kann.

Das Flößen der losen Scheite, welches man auch das Triften nennt, kommt nur auf kleinen Flüssen und vorzugsweise in Gebirgsgegenden vor. Zum Auffangen des Holzes an dem Bestimmungsort werden jedesmal besondere Anstalten getroffen, außerdem haben andre dazu gehörige Anlagen noch den Zweck, das Holz durch Seitenbäche dem Fluß zuzuführen oder auch ein zu frühzeitiges Forttreiben einzelner Stücke zu verhindern, und die ganze Masse, die auf einmal getriftet werden soll, möglichst gleichzeitig in Bewegung zu setzen.

Ich will mit der Beschreibung der letzten Vorrichtung den Anfang machen. Sie besteht in der Durchdämmung oder Schließung enger Thäler, in welche man das Holz leicht bringen kann, gewöhnlich stürzt es sogar von den steilen Abhängen schon von selbst in sie herab. Wenn man den Abfluß des Wassers verhindert, so sammelt es sich an und bildet einen See, der mit den Holzscheiten bedeckt ist. Diese werden aber mit dem Wasser zugleich fortgetrieben, wenn man letzteres durch eine weite Oeffnung möglichst schnell abfließen läßt. Solche Stauvorrichtung heißt die Klause,

und die Thalfläche davor, so weit sie unter Wasser gesetzt wird, der Klausenhof.

Die Constructionen, welche hierbei gewählt werden, sind immer sehr einfach. Zuweilen geschieht der Abschluß nur durch einen Erddamm, welcher durchstochen wird, sobald das Triften erfolgen soll. Wenn dagegen in demselben Thal wiederholentlich die Scheite angesammelt werden, so führt man hölzerne Dämme, ähnlich den oben beschriebnen Senkkasten, auf, füllt sie mit Steinen aus und schließt die Abfluß-Oeffnung durch Dammbalken, welche sich an eine Art von Drehständer lehnen. Die Klaue pflegt an der Stelle gebaut zu werden, wo das Thal am engsten ist, sie also die mindeste Länge zu haben braucht. Die Oeffnung muß so groß sein, daß die Ergießung in ziemlich kurzer Zeit erfolgt, weil nur in diesem Fall die Anschwellung bedeutend genug ist, um das unterhalb belegne Thal so hoch anzufüllen, daß die Holzmasse sicher hindurch geführt wird. Daß einzelne Scheite hinter der Wasser-Welle zurückbleiben und nach dem Abfließen des Wassers auf dem Ufer liegen, kann nicht fehlen. Man bemüht sich zwar, alle Stücke, die etwa aufgehalten werden, wieder in den Strom zu stoßen, in vielen Fällen ist aber jede Nachhülfe unmöglich, indem die Thäler stellenweise unzugänglich sind. Die ganze Operation kommt jedoch nur in Gegenden vor, wo das Holz nicht hoch im Preise steht, der Verlust einzelner Scheite daher nicht von Bedeutung ist. Dieselben werden auch, wenn sie beim einmaligen Triften liegen geblieben sind, später wieder in Bewegung gesetzt, sobald die Operation nach einiger Zeit wiederholt wird.

An der Stelle, wo das Holz aufgefangen werden soll, muß man es auf irgend eine Art zurückhalten, damit es nicht vorbeischwimmt. Dieses geschieht zuweilen schon dadurch, daß man einen oder mehrere Stämme quer über den Fluß legt, doch ist dieses Mittel nur ausreichend, wenn die Strömung und zugleich die herabtreibende Holzmasse nicht bedeutend ist. Letztere sperrt nämlich einen großen Theil des Profils, und um so mehr verstärkt sich die Strömung an der Stelle, wo das Profil noch offen ist. Die Scheite werden daher häufig von dem Strom gefaßt, und indem sie untertauchen, treiben sie unter dem Schwimmbaum fort. Man muß daher, wenn große Massen getriftet werden, das Profil nicht nur an der Oberfläche, sondern bis zur Sohle des Fluß-

betts sperren. Dieses geschieht mittelst der Triftstege und Triftstöcke.

Gemeinhin wird das Holz an einer Stelle aufgefangen, wo ein Wehr liegt, und seitwärts oberhalb des Wehrs führt der Mühlengraben zugleich nach dem Holzhof, in welchen die Scheite hineingebracht werden sollen. Oftmals ist auch ein besondrer Trift-Canal nach dem Holzhof geleitet. Die Sperrung muß sowol in dem eigentlichen Flußbett, also neben dem Wehr, als auch in dem Mühlen- und Trift-Canal erfolgen. Der Abfluß des Wassers darf hierbei jedoch nicht gehemmt werden, weil dadurch nicht nur Anschwellungen veranlaßt, sondern auch die frische Strömung unterbrochen würde, welche nothwendig ist, wenn das Holz den Bestimmungsort erreichen soll.

Man bildet sonach gitterartige Wände in jedem einzelnen Wasserlauf. Ueber dem Wehr befindet sich in angemessner Höhe eine leichte Laufbrücke, der sogenannte Triftsteg, und in einem Balken, der an der stromaufwärts gekehrten Seite derselben liegt, sind kreisförmige Löcher von 5 Zoll Durchmesser angebracht, in welche man die Spindeln oder Triftstöcke einsetzt, sobald getriftet werden soll. Letztere lassen jedesmal einen freien Raum von etwa 1 Fuß lichter Weite zwischen sich, und ihr unteres Ende lehnt sich gegen den Vorboden des Wehrs und steht auf der Sohle des Bettes auf. In derselben Art erfolgt auch in den Seiten-Canälen der Verschluss, woselbst jedoch die Triftstöcke, wenn nicht etwa die Schütze geschlossen sind, sich oben gegen die Griesholme lehnen.

Wenn während des Triftens die Flüsse anschwellen, so geschieht es wohl, daß die Scheite sich vielfach unter einander schieben und stellenweise bis zur Sohle des Flußbetts herabdringen, wodurch entweder ein übermäßiger Aufstau, oder auch die Zerstörung des ganzen Triftsteges, oder der Bruch einzelner Spindeln herbeigeführt wird, und jedesmal das Holz von Neuem ins Treiben kommt und größtentheils verloren wird.

Pechmann empfiehlt daher eine andre Einrichtung, welche an den Salinen im südlichen Bayern seit Jahrhunderten in Gebrauch sein soll. *) Die Wehre, welche in gewöhnlicher Weise mit Triftrechen versehn sind, ziehn sich nämlich sehr schräge stromabwärts,

*) Praktische Anleitung zum Flußbau. Bd. II. München 1826. S. 32.

und unmittelbar an ihrem untern Ende befindet sich die Mündung des Trift-Canals. Die Einfassung desselben zunächst des Wehrs enthält die Grieswand der Freiarche, und indem hier die Schütze während des Triftens gezogen sind, so ist die Strömung vor dem Wehr so stark seitwärts gerichtet, daß das Holz sich daselbst wenig ansammelt und vielmehr in den Kanal treibt. Das Eigenthümliche der empfohlenen Anordnung besteht darin, daß das Wasser aus dem Trift-Canal nicht seitwärts in die Schütz-Oeffnungen der Arche tritt, sondern vielmehr abwärts. Zu diesem Zweck besteht die Sohle des Trift-Canals an dieser Stelle aus einem Gitterwerk, das hinreichend hoch über dem Vorboden der Freiarche liegt. Auf diesem Gitterwerk ist aber eine Bohlenwand aufgestellt, die sich gegen die Stirnflächen der Seitenmauern lehnt. Fig. 254 *a* und *b* zeigt diese Anordnung im Grundriß und im Durchschnitt. Es ist dabei noch zu bemerken, daß das hölzerne Gitter unmittelbar vor den Schützen durch einen eisernen Rost ersetzt ist, weil jenes beim plötzlichen Schliessen des Schützes einen so starken Wasserdruck erfahren würde, daß es brechen müßte, was jedoch bei den dünnen Eisenstäben nicht der Fall ist. Das Holz, welches sich beim Triften auch bei dieser Einrichtung noch immer im Anfange des Canals stark ansammelt, kann leicht weiter geschoben werden, und wird auch, wenn es auf das Gitter herabgezogen werden sollte, durch Haken gelöst und entfernt. Ein wesentlicher Vorthail besteht darin, daß die Durchfluß-Oeffnung eine viel größere Ausdehnung hat und sonach die Strömung und der Wasserdruck geringer bleiben, als bei der gewöhnlichen Anordnung. Außerdem aber ist die Rinne, wo das Holz sich ansammelt, von allen Seiten zugänglich, woher jede nöthige Nachhülfe leicht erfolgen kann.

Elfter Abschnitt.

Schiffsschleusen.

Schiffschleusen.
Fiffter Abschnitt.

§. 63.

Anordnung der Schiffsschleusen.

Die Einrichtung der Schiffsschleusen oder Kammerschleusen ist schon oben (§. 59.) im Allgemeinen angedeutet. Sie dienen zur schiffbaren Verbindung zweier neben einander liegender Wasserflächen von verschiedner Höhe. Vor den Schiffsdurchlässen und Stauschleusen, die denselben Zweck haben, zeichnen sie sich dadurch aus, daß weder das Schiff den Wassersturz passiren, noch auch das Oberwasser gesenkt werden darf. Der Spiegel des Oberwassers bleibt vielmehr beim Durchgange des Schiffes beinahe unverändert, und letzteres wird sanft gehoben oder gesenkt, indem es stets auf einer Wasserfläche schwimmt, die sehr nahe horizontal ist.

Zwischen dem Ober- und Unterwasser befindet sich ein Bassin, dessen Ausdehnung der Größe der Schiffe entspricht, und welches man die Schleusenkammer nennt. Dieselbe steht sowohl mit dem Oberwasser, als mit dem Unterwasser in Verbindung, kann aber von beiden getrennt werden. Das Schiff fährt von einer Seite in die Kammer hinein, und während es sich darin befindet, schließt man zunächst die Oeffnung, welche den Eingang bildete, und stellt alsdann die Verbindung zwischen dem Wasser auf der andern Seite und der Kammer dar. In dieser hebt oder senkt sich nunmehr der Wasserspiegel und mit demselben zugleich das Schiff, bis die Niveaudifferenz auf derjenigen Seite aufgehoben ist, wohin das Schiff fahren soll. Wenn daher hier die Oeffnung frei gemacht wird, so kann das Schiff seinen Weg fortsetzen, indem das Gefälle bereits überwunden ist.

Die Erfindung der Schiffsschleusen gehört zu den wichtigsten und sinnreichsten der Wasserbaukunst, und es dürfte daher

nicht unpassend sein, über die Zeit und den Ort, wo Kammerschleusen zuerst angewendet wurden, einige historische Mittheilungen zu machen. Die Dunkelheiten, auf welche man fast jedesmal stößt, wenn man den Ursprung wichtiger Erfindungen aufsucht, sind im vorliegenden Fall noch bedeutender, da die Stauschleusen, die man ohne Zweifel schon früher kannte, und die auch gewiß zur Erfindung der Kammerschleusen die nächste Veranlassung gaben, mit diesen vielfach verwechselt werden.

Hiernach verdient die Vermuthung, daß Schiffsschleusen in Aegypten und China weit früher, als in Europa bekannt gewesen, keine weitere Berücksichtigung. In Bezug auf China theilt Woltman in der Einleitung zur Baukunst schiffbarer Canäle eine Beschreibung der dortigen Schleusen aus dem siebzehnten Jahrhundert mit, woraus sich ergibt, daß dieselben nichts anders als Schiffsdurchlässe waren. Die beiden Länder, welche die Erfindung der eigentlichen Kammerschleusen in Anspruch nehmen, sind die Niederlande und Italien.

Bélidor sagt *), der berühmte Holländische Ingenieur Simon Stevin sei der Erste gewesen, der über Schiffsschleusen, und zwar im Jahre 1618 geschrieben habe, da derselbe aber den Gegenstand als ganz neu darstellt, so müsse man annehmen, daß die Erfindung erst kurze Zeit vorher gemacht sei. Diese Schlussfolge ist indessen nicht überzeugend, denn es wäre noch der Fall denkbar, daß die Erfindung schon früher gemacht, jedoch erst in jener Zeit in Holland bekannt geworden. Wiebeking behauptet dagegen, daß Kammerschleusen schon viel früher in Holland üblich waren. Nach ihm hat bereits Wilhelm II. im Jahre 1253 die Genehmigung zum Bau einer solchen Schleuse bei Spaarndam ertheilt, und selbst 1220 sollen schon Schleusen bei Amsterdam existirt haben **). In dem Vorbericht der 1.02 herausgegebenen Beiträge zur Baukunst schiffbarer Canäle, widerlegt Woltman die letzte Ansicht, und sagt, sie beruhe auf dem Irrthum, daß Entwässerungsschleusen mit Kammerschleusen verwechselt seien.

Andrerseits hat man, vorzugsweise auf Frisi's ***) Aeufserung

*) *Architecture hydraulique, II. Partie, Livre I. Chap. III.*

**) *Allgemeine Wasserbaukunst, zweite Auflage II. Seite 645.*

***) *Dei Canali navigabili.* Milano 1770. — Abgedruckt in den *Raccolta d'autori Italiani che trattano del moto dell' acque.* Vol. VI.

gestützt, angenommen, daß die erste Schiffsschleuse im Jahr 1481 an der Brenta in der Nähe von Padua erbaut sei. Frisi hat diese Nachricht, wie er selbst sagt, aus Zendrini's Werk entnommen, und Letztrer äußert sich hierüber in folgender Art *):

„Da der Erfinder der Kammerschleusen sich ein so großes Verdienst um die menschliche Gesellschaft erworben hat, so habe ich mir viele Mühe gegeben, seinen Namen zu entdecken und die Zeit zu ermitteln, in welcher diese wichtige Erfindung gemacht ist. Meine Mühe würde indessen fruchtlos geblieben sein, wenn ich nicht in einem Privat-Archiv eine Nachricht gefunden hätte, die hierüber einiges Licht verbreitet. Ich fand nämlich, daß zwei Brüder Dionisio und Pietro Domenico aus Viterbo, Ingenieure im Venezianischen Staate, am 3. September 1481 von der Familie Contarini ein Grundstück bei Bastia di Strà, unfern Padova, ankauften, um daselbst in dem Piovego, oder dem Canale, der von Padova kommt, einen Stau anzulegen. In einem Schreiben von demselben Jahre, worin die genannten Brüder sich Uhrmacher nennen, sagen sie, sie wollten ihre Anlage so einrichten, daß die Schiffe und Nachen das Wehr bei Strà ohne Gefahr überfahren könnten, das Wasser solle nämlich mit Leichtigkeit abgelassen werden, und man würde weder genöthigt sein, die Schiffe zu entladen, noch auch sie herauf zu ziehn. Sie stellten dabei die Bedingung, daß die Erfindung ihr Eigenthum bleibe, und behielten sich vor, noch Verbesserungen daran anzubringen.“

Diese Beschreibung paßt indessen eben so gut auf eine Stauschleuse, wie auf eine Kammerschleuse, obwohl hier ohne Zweifel von einer Anlage die Rede ist, die wenigstens in dortiger Gegend bisher unbekannt war.

Viel wichtiger ist eine Thatsache, die Simone Stratico in einer historischen Untersuchung über die Erfindung der Schleusen mittheilt. **) Leone Battista Alberti beschreibt nämlich im 10ten Buche Cap. 12 seines Werkes *De re aedificatoria* die Kammerschleu-

*) *Leggi e fenomeni, regolazioni ed usi delle acque correnti.* Ravenna 1731. Cap. XII. §. 9. — Abgedruckt in der *Raccolta* Vol. VIII.

**) *Nuova Raccolta d'autori Italiani che trattano del Moto dell' Acque.* Tomo IV. Bologna 1824. Pag. 553. Das Original befindet sich in den *Memorie dell' Imperiale Regio Istituto del Regno Lombardo Veneto* Tom. II. Milano 1821.

sen so genau, daß jeder Zweifel darüber verschwindet, ob wirklich eine Kammerschleuse gemeint sei. Alberti überreichte aber nach einer Mittheilung in der Fortsetzung der Eusebianischen Chronik schon im Jahre 1452 dieses Buch dem Papste Nicolaus V. Die Stelle lautet:

„Man muß doppelte Verschlüsse machen, indem man den Strom an zwei Stellen sperrt, so daß der Zwischenraum das Schiff nach der Länge aufnehmen kann. Soll das Schiff heraufgehn, so wird der untere Verschluss, nachdem es hineingefahren ist, gesperrt und der obere geöffnet. Soll es aber herabgehn, so wird im Gegentheil der obere geschlossen und der untere geöffnet. Auf diese Weise wird das Schiff parallel zu dem fließenden Wasser in sanfter Strömung herausfahren.“

Lecchi will in der Lebensbeschreibung des Filippo Maria Visconti den Beweis finden, daß schon ums Jahr 1420 die Schleusen bekannt waren. Die Stelle ist indessen nicht klar, obwohl darin ohne Zweifel von der Ueberwindung starker Gefälle die Rede ist. Die Erwähnung der mechanischen Hilfsmittel zum Herüberschaffen der Schiffe macht es aber wahrscheinlich, daß Schiffsdurchlässe oder vielleicht Rollbrücken gemeint sind.

Ich gehe nach dieser kurzen geschichtlichen Darstellung zur Beschreibung der Kammerschleuse über. Man unterscheidet in einer Kammerschleuse drei Haupttheile, nämlich die beiden Stauvorrichtungen, von denen eine gegen das Oberwasser, und die andre gegen das Unterwasser gekehrt ist, und den mittlern Raum, worin die Schiffe liegen, während sie gehoben oder gesenkt werden. Jene nennt man die Häupter, und zwar dasjenige, welches sich am Oberwasser befindet, das Oberhaupt, und das gegenüberstehende das Unterhaupt. Der mittlere Raum heisst die Kammer.

Die Häupter erhalten Oeffnungen von solcher Weite und Tiefe, daß die größten Schiffe, die durchgehn sollen, kein Hinderniß finden. Die Weite der Oeffnung ist gemeinhin zu groß, als daß man sie durch ein Schütz, wie die Oeffnung einer Freiarche, noch schliessen kann. Ausserdem würde dabei auch der Uebelstand eintreten, daß das Schütz, welches über der Oeffnung schwebt, das Durchgehn der Schiffe mit Masten oder hohen Ladungen verhindert. Von den Dammbalken kann man bei Schiffsschleusen keinen

Gebrauch machen, insofern das Einlegen und Ausheben derselben zu mühsam und zeitraubend ist. Man schließt daher die Oeffnungen in den Schleusenhäuptern durch Thore, die sich gewöhnlich um vertikale Achsen drehn, und zwar wendet man in den meisten Fällen zwei gegenüberstehende Thore an, die sich, wenn sie geschlossen sind, gegen einander stemmen. Man nennt sie alsdann Stemmthore. Nur selten, und zwar wenn die Oeffnungen sehr geringe Weiten haben, schließt man sie durch einzelne Thore, die zuweilen auch um horizontale Achsen gedreht, und beim Oeffnen flach auf den Boden gelegt werden.

Die Dimensionen der Kammer müssen den größten Fahrzeugen, welche die Schleuse benutzen sollen, entsprechen, und ausserdem noch einigen Spielraum lassen, damit eine freie Bewegung möglich bleibt. Dabei entsteht indessen die Frage, ob man die Kammer nur für ein Schiff, oder zwei, oder vielleicht für noch mehrere einrichten soll. Die Schleusen, in welchen zwei Schiffe Platz finden, nennt man Doppelschleusen, und Kesselschleusen heißen diejenigen, in welche mehr als zwei Schiffe gleichzeitig aufgenommen werden können. In Deutschland sind die Doppelschleusen nicht ungewöhnlich. In den Canälen, welche die Verbindung zwischen der Spree und Oder darstellen, sind sie allgemein üblich. In dem nunmehr eingegangnen Max-Clemens-Canal, der sich von Münster aus, etwa $4\frac{1}{2}$ Meilen in der Richtung nach Nordhorn erstreckte, ohne jedoch weder diese Stadt noch irgend einen andern Ort zu erreichen oder zu berühren, befand sich eine sehr grofse Schleuse, die steinerne Schleuse genannt, welche sieben der dort üblichen Schiffe fassen konnte, während die ganze Anzahl der Canalschiffe nicht mehr als fünf betrug, und wahrscheinlich niemals gröfser gewesen ist. In England und Frankreich kommen, mit seltenen Ausnahmen aus früherer Zeit, keine Doppelschleusen vor.

Insofern die Doppelschleusen, wegen ihrer gröfsern Länge oder Breite, jedenfalls in der Anlage und Unterhaltung theurer als die einfachen sind, so muß man fragen, aus welchem Grunde man sie wählt. Wenn man auf die Erleichterung der Arbeit beim Ziehn der Schütze und Oeffnen der Thore nicht Rücksicht nimmt, die in der That wenig in Betracht kommen kann, so würde ein Vorthail nur in Bezug auf Zeitgewinn und Verminderung des Wasserbedarfs zu suchen sein. Derselbe stellt sich aber nur insofern heraus, als

die Grundfläche der Kammer etwas kleiner ist, als das doppelte einer einfachen Schleuse. Letztere muß nämlich den Dimensionen der größten Schiffe entsprechen, bei der Doppelschleuse aber darf angenommen werden, daß es nicht nothwendig sei, zwei der größten Schiffe gleichzeitig durchzuschleusen, vielmehr neben einem größern jedesmal ein kleineres befördert werden kann. Dieser geringe Vortheil verschwindet aber, wenn nicht immer zwei verschiedene Schiffe zusammen vor der Schleuse ankommen, und sonach ein einzelnes entweder die Ankunft des zweiten abwarten, oder allein durchgeschleust werden muß. Im letzten Fall ist der Zeitaufwand zum Füllen oder Entleeren der Kammer, so wie auch der Wasserbedarf viel größer, als bei einer einfachen Schleuse, und der Nachtheil in Bezug auf Zeitverlust ist augenscheinlich, indem das einzelne Schiff nicht sogleich durchgeschleust wird. Es gilt auch in allen Fällen, wo ein freier Verkehr stattfindet, und Doppelschleusen vorkommen, die Regel, daß ein einzelnes Schiff die Ankunft eines zweiten abwarten muß, oder wenigstens nicht früher allein durchgeschleust werden darf, bis es eine gewisse Anzahl von Stunden gewartet hat. Ob indessen eine solche Vorschrift wirklich immer beachtet wird, ist schwer zu controlliren. Hiernach dürften Doppelschleusen nur passend sein, wenn ein sehr frequenter Verkehr zu erwarten ist. Außerdem rechtfertigt es sich aber auch, wenn beim Neubau einer Schleuse in einem Canale, der bereits mit mehreren Doppelschleusen versehen ist, diese gleichfalls für die Aufnahme zweier Schiffe eingerichtet wird.

Bei Anordnung von Doppelschleusen entsteht die Frage, in welcher Weise man die erforderliche Vergrößerung der Kammer darstellen soll. Es bieten sich hierzu zwei verschiedene Mittel dar, nämlich entweder die Verlängerung oder die Verbreitung der Kammer. Im ersten Fall wird der Bau sehr vertheuert durch die große Länge der Kammerwände. Man wählt daher gemeinhin das zweite Mittel oder die Verbreitung, und zwar wird diese vielfach gleichmäßig auf beide Seiten vertheilt, so daß der Grundriß der Schleuse symmetrisch ist, wie Fig. 256. *a* auf Taf. XXXIV. zeigt. Dieselbe Figur deutet indessen auch den Nachtheil an, den diese Anordnung zur Folge hat. Die Breite der Schleuse muß nämlich beträchtlich größer sein, als die der beiden Schiffe, die zugleich darin Platz finden sollen, weil das zweite Schiff beim Einfahren, und eben so

auch das erste beim Ausfahren eine schräge Stellung annimmt. Diese grössere Breite vermehrt nicht nur die Anlagekosten, sondern verursacht auch bei jeder Füllung der Kammer eine verstärkte Wasser-Consumtion, und in Folge derselben einen entsprechenden Zeitverlust.

Aus diesen Gründen hat man oft die Kammer nur an einer Seite verbreitet, Fig. 256 *b*. Die Schiffe dürfen alsdann keine schräge Stellung annehmen, und der erwähnte Zusatz in der Breite der Kammer wird entbehrlich. Bei dieser Anordnung tritt indessen ein Uebelstand ein, der beim freien Verkehr, oder wenn der Eigenthümer des Canals nicht zugleich Eigenthümer aller darauf fahrenden Schiffe ist, sehr störend wird. Dasjenige Schiff, welches zuerst in die Schleuse hineinfährt, bleibt nämlich am längsten darin, und das andre Schiff, welches später eingefahren ist, kann und muß sogar zuerst aus der Schleuse herausfahren. Um die Streitigkeiten zu vermeiden, welche aus diesem Grunde zwischen den Schiffen entstehen, versetzt man daher die Häupter der Schleuse, wie Figur 256. *c* zeigt. Dasjenige Schiff, welches zuerst hineinkommt, wird sogleich seitwärts geschoben und dadurch vor die Oeffnung gebracht, durch welche es herausfährt, es verläßt sonach zuerst die Schleuse.

Bei Gelegenheit der Doppelschleusen wäre auch noch einer andern Anordnung zu erwähnen, wobei die Breite der Schleuse nur der Breite des größten Schiffes entspricht, aber mit zwei Unterhäuptern versehen ist. Das letzte derselben ist so weit vom Oberhaupt entfernt, daß ein Schiff der größten Art zwischen beiden Platz findet, dagegen befindet sich das zweite Unterhaupt etwas näher am Oberhaupt, und schließt sonach eine kürzere Kammer ab, die zum Durchschleusen kleinerer Schiffe benutzt wird. In Holland findet man solche Schleusen. Dasselbst sieht man auch zuweilen, wie z. B. an den Eingängen des Nord-Holländischen Canals zwei Schleusen von verschiedenen Dimensionen neben einander, von denen die kleinere für den gewöhnlichen Verkehr bestimmt ist, die grössere aber nur den Schiffen der Kriegsmarine und den größten Kauffahrtheischiffen geöffnet wird. Die Erbauungskosten werden bei dieser Anordnung außerordentlich erhöht, aber andererseits ist der dabei erreichte Vorthail nicht in Abrede zu stellen. Dieser besteht darin, daß beim gewöhnlichen Verkehr das Durchschleusen beschleunigt und erleichtert, und die Wassermenge vermindert wird, welche

beim jedesmaligen Entleeren der Schleuse aus dem Oberwasser in das Unterwasser fließt. Der letzte Umstand ist wegen der eigenthümlichen Lokal-Verhältnisse dieses Canals besonders wichtig. Wassermangel tritt nämlich hier niemals ein, da der Canal an beiden Enden durch das Meer gespeist wird, aber eben deshalb fehlt dem mittleren Theil desselben die natürliche Entwässerung, und indem er die eingedeichte Niederung durchschneidet, welche nur durch Schöpfungsmühlen entwässert wird, so muß auch dasjenige Wasser durch Mühlen ausgepumpt werden, welches beim Durchschleusen der Schiffe zugeführt wird. Diese Wassermenge würde aber viel größer sein, wenn man die zur Aufnahme von Fregatten bestimmten Schleusen beim Durchgange jedes kleinen Schiffes benutzen müßte.

Nachdem im Vorstehenden die Bedingungen angegeben sind, von welchen die Dimensionen der Schleusen im Allgemeinen abhängen, ist es nöthig, die einzelnen Theile und deren Zweck und Anordnung zu bezeichnen. Ich wähle hierbei eine massive und zwar eine einfache Schleuse. Fig. 257 stellt dieselbe dar, nämlich *a* im Grundriß und *b* im Längendurchschnitt durch die Mittellinie der Schleuse, wobei der mittlere Theil der Kammer, der nichts Bemerkenswerthes enthält, fortgelassen ist.

Aus dem Längenprofil ersieht man, daß der Boden der Schleuse nicht durchweg gleiche Höhe hat, sondern sich theils der Sohle des Ober-Canals und theils der des Unter-Canals anschließt. Der höhere Boden, den man Ober-Boden nennt, befindet sich im Oberhaupt, wogegen der Unter-Boden sich durch die Kammer und das Unterhaupt erstreckt. Zwischen beiden liegt noch der Abfall-Boden (8), der, wenn er lothrecht ansteigt, wie oft geschieht, im Grundriß nicht sichtbar ist.

In jedem der beiden Häupter befinden sich die Thor-Kammern (2 und 11), worin die Thore sich bewegen. Oberhalb der Thorkammerböden liegen die Vorböden (1 und 10), und unterhalb derselben die Hinterböden (7 und 16). In den Vorböden nebst den dazu gehörigen Mauern oder Seitenwänden sind die Dammfalze angebracht, worin bei vorkommenden Reparaturen einzelner Schleusentheile Dammbalken eingelegt werden. Die Hinterböden dienen nicht nur zu demselben Zweck, sondern verstärken zugleich die Schwellen (6 und 14), wogegen die Thore sich lehnen, wenn sie geschlossen sind. Die Schwellen nennt man

Drempel oder Schlagschwellen. Sie müssen über die Thorkammerböden vorragen, damit die Thore sich dagegen lehnen, ohne jene zu berühren. Der Abfall-Boden (8) bildet den Uebergang vom Ober-Boden zum Boden der Schleusen-Kammer. Er ist sehr verschiedenartig gestaltet, bald mehr, bald weniger steil, und bald gerade und bald gekrümmt.

Das Oberhaupt erstreckt sich über den Vorboden, die Thorkammer, den Hinter- und Abfallboden fort, soweit die in der Figur angedeutete Verstärkung der Seitenmauern reicht. Die Ausdehnung des Unterhauptes ist gleichfalls durch die Verstärkung der Mauern bezeichnet. Man findet in Letzteren mit Ausnahme des Abfall-Bodens alle Theile des Oberhauptes wieder. Die Schleusen-kammer endlich, oder der Raum, worin die Schiffe liegen, während sie gesenkt oder gehoben werden, beginnt am Fuß der Abfallbodens und erstreckt sich bis zur untern Thorkammer. Der Vorboden des Unterhauptes (10) gehört also eben sowol zu dem letztern, wie zur Kammer. Er ist in der That von dieser durch Nichts getrennt, und man würde ihn nicht als besondern Theil der Schleuse ansehen dürfen, wenn sich nicht die Dammfalze darin befänden.

Die Dammfalze pflegt man in neuerer Zeit nur einfach zu machen, so daß die Balkenwand selbst den wasserdichten Schluß bildet, während man sonst in doppelte Falze zwei Wände einsetzte und den Zwischenraum mit Mist anfüllte. Nur über dem Hinterboden des Unterhauptes, wo wegen der höhern Anschwellungen des Unterwassers der Eintritt eines hohen Wasserstandes während der Reparaturen der Schleusen am meisten zu besorgen ist, bringt man, wie in den Figuren angegeben, auch jetzt noch doppelte Dammfalze an.

Unter den verschiednen Theilen einer Schiffsschleuse sind die Thore am wenigstens dauerhaft und bedürfen daher am häufigsten der Reparaturen. Um in solchem Fall nicht die ganze Schleuse trocken legen zu dürfen, muß jede Thorkammer für sich abgeschlossen werden können. Dieses ist der Grund, weshalb über den Vor- und Hinterböden die Vorrichtung zum Einlegen der Dammbalken angebracht wird. Ueber dem Hinterboden des Oberhauptes ist dieses jedoch entbehrlich, sobald der Oberboden sich über den gewöhnlichen Stand des Unterwassers erhebt, und sonach von dieser Seite kein Zudrang des Wassers gegen die Thore stattfindet. Die

Dammfalze sind übrigens nicht nur in den Seitenmauern, sondern bei massiven Böden, auch unten eingeschnitten (§. 46.), weil das Mauerwerk, selbst wenn es aus Werkstücken besteht, dennoch gewöhnlich nicht so eben ist, daß ein ziemlich dichter Schluß sich darüber darstellen läßt. Hat die Schleuse dagegen einen hölzernen Boden, so liegt der untere Dammbalken flach auf demselben, und oft bringt man darunter eine Spundwand nebst Fachbaum an, um zu verhindern, daß das Wasser unter dem Bohlenboden hindurchdringt.

Die Thorkammern müssen größere Breite haben, als die andern Theile der Schleuse, damit die Thore, wenn sie geöffnet sind, nicht den Durchgang der Schiffe hindern. An beiden Seiten jeder Thorkammer befinden sich daher Nischen, die man Thor-Nischen nennt (3 und 12), und diese müssen so tief sein, daß von dem geöffneten Thor kein Theil vor die Flucht der Mauer tritt. In jeder Thornische ist besonders diejenige Kehle wichtig, in welcher die Wendesäule des Thors sich dreht, und welche mit dem Thor, wenn dieses geschlossen ist, einen wasserdichten Schluß bilden muß. Diese Kehle nennt man die Wendenische.

Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten gegen die Schlagschwellen, von denen bereits die Rede war, und außerdem müssen sie auch einander berühren oder sich gegen einander stemmen. Die Figur zeigt sie im Oberhaupt geschlossen (4) und im Unterhaupt geöffnet (13). Bei kleinen Schleusen, die nur eine sehr geringe Breite haben, schließt man jede Oeffnung auch wohl durch ein einzelnes Thor, das sich theils an die Wendenische und theils an einen gegenüber befindlichen Pfeiler, oder statt dessen an einen hölzernen Pfosten lehnt. Der Drempel bildet alsdann nicht mehr ein gleichschenkliges Dreieck, sondern eine gerade Linie. Es muß noch bemerkt werden, daß die Stemm-Thore, wenn sie geschlossen sind, durch den Druck des Oberwassers an die Wendenischen, die Schlagschwellen und an einander so fest gepreßt werden, daß eben hierdurch der wasserdichte Schluß sich bildet. Der Wasserdruck, dem ein Thorpaar ausgesetzt ist, während es das Oberwasser begrenzt, verhindert das Oeffnen der Thore. Wollte man diese aber dennoch gewaltsam öffnen, so würde, abgesehen von der Gefahr, der sie selbst ausgesetzt wären, die plötzliche Anfüllung oder Entleerung der Kammern auch für die darin befindlichen Schiffe nachtheilig und gefährlich werden. Man muß daher noch dafür

sorgen, daß der Stau oder die Begrenzung des Ober- und Unterwassers von dem einen Thorpaare auf das andre allmählig übertragen, die Kammer also mittelst anderer Oeffnungen oder Seitencanäle bis zum Niveau des Oberwassers gefüllt, oder wenn sie gefüllt ist, bis zu dem Spiegel des Unterwassers entleert werden kann. Hierzu dienen gewöhnlich Oeffnungen in den Thoren, die durch Schütze geschlossen werden. In besondern Fällen wendet man zu diesem Zweck aber auch überwölbte Canäle an, die zur Seite der Thore liegen, und gleichfalls durch Schütze oder Klappen in Wirksamkeit gesetzt werden. Solche Canäle nennt man Umläufe. In der Zeichnung Fig. 257 sind sie im Oberhaupt durch punktirte Linien angedeutet (5), so wie man auch im Längendurchschnitt die beiden Mündungen eines solchen sieht.

Liegt die Schleuse an einem Strom, der starken Anschwellungen ausgesetzt ist, wobei die Schifffahrt unterbrochen wird, so ist es nöthig, die Durchströmung der Schleuse zu verhindern, weil sie selbst sowol, wie auch die Schleusen-Canäle dadurch einer starken Verschüttung mit Sand oder Kies ausgesetzt wäre. Das Oberhaupt, wie auch die Oberthore werden daher bis über das höchste Wasser heraufgeführt, wie die Figur zeigt. Bei Canalschleusen, vor denen das Oberwasser in der normalen Höhe gehalten werden kann, ist diese Vorsicht entbehrlich, und die Mauern des Oberhauptes schliessen sich in gleicher Höhe an die Kammermauern an.

Zuweilen bringt man auch in den Schleusenkammern Treppen an, um zu den Schiffen herabsteigen zu können, während diese in den Schleusen liegen. Fig. 261. auf Taf. XXXV. zeigt eine solche Treppe. Diese Anordnung hat indessen, abgesehen von einer geringen Vergrößerung der Kosten, den Nachtheil, daß die Unterbrechung der Mauerfläche für den Verkehr auf derselben störend ist, und für die Arbeiter, welche beim Durchschleusen der Schiffe behülflich sind, besonders in der Nacht, leicht gefährlich werden kann. Man umgiebt deshalb eine solche Treppe zuweilen von einer oder von zwei Seiten mit eisernen Geländern. Dieselben sind aber wieder beim Ausbringen und Anzieln der Fangleinen sehr hinderlich. Ueberdies ist der Nutzen solcher Treppen nicht erheblich, sie werden auch wohl nur in dem Fall angebracht, wenn der Schleusenwächter verpflichtet ist, die Schiffe während des Durchschleusens zu messen oder in andrer Weise zu controlliren,

Die Flügelmauern, welche zum Anschluß an das Canal-Profil dienen, können in dieser allgemeinen Beschreibung übergangen werden, und eben so ist die Erwähnung andrer Nebentheile hier entbehrlich.

Die richtige Anordnung der Höhenlage der verschiedenen Schleusentheile erfordert vorzugsweise eine sorgfältige Ueberlegung. Im Allgemeinen wird der Bau um so wohlfeiler, je höher der Ober- und Unterboden liegt, weil dadurch die tiefere Fundirung vermieden und zugleich die Mauermasse vermindert wird. Sämmtliche Böden müssen aber so tief liegen, daß selbst beim Eintritt des niedrigsten Wasserstandes die Schiffe darüber gehn können. Auf manchen Strömen hört freilich bei anhaltender Dürre die Schifffahrt ganz auf, und in diesem Fall könnte man sich damit begnügen, den Gebrauch der Schleusen auf etwas höhere Wasserstände zu beschränken. Die Wasserstands-Beobachtungen sind auf unsern Strömen schon so lange fortgesetzt, daß man mit grosser Sicherheit daraus entnehmen kann, bis zu welcher Tiefe das kleinste Wasser zuweilen herabsinkt. Indem man ferner den Tiefgang der beladenen Schiffe im Allgemeinen und zur Zeit des kleinen Wassers kennt, so ist es leicht, die Höhen zu bezeichnen, in welchen der Ober- und Unterboden einer Schleuse liegen muß. Man pflegt indessen dieselben noch um eine gewisse Quantität, gewöhnlich um einen Fuß, zu senken, um bei zufälligen Aenderungen der Verhältnisse die Schifffahrt nicht zu unterbrechen.

In Canälen, welche stehendes Wasser enthalten, läßt sich leicht eine zu große Höhe der Schleusenböden dadurch vermeiden, daß man den Unterboden der einen Schleuse in den Horizont des Oberbodens der nächstfolgenden legt, und über beiden den erforderlichen Wasserstand darstellt. Bei Schleusen zur Seite eines Stroms, die das Gefälle eines Wehrs oder einer Stromschnelle aufheben, muß man dagegen die Verhältnisse der anliegenden Strecken berücksichtigen und namentlich in Bezug auf den Unterboden und Unterdrempel auch die Aenderungen nicht unbeachtet lassen, die möglicher Weise bei weiterer Ausdehnung der Strom-Correction eintreten können (§. 59).

Der Oberboden sowol als der Unterboden einer Schleuse liegen nicht ihrer ganzen Länge nach in gleicher Höhe, weil die Schleusenthore sich mit ihren untern Rändern an die vortretenden

Schwellen lehnen müssen. Die Thorkammerböden sind daher noch tiefer zu legen, damit die Schwellen darüber vortreten. Ihre Senkung wird aber nicht weiter ausgedehnt, als dringend nöthig ist. Der Vorboden des Unterhauptes und der Kammerboden liegen daher wieder mit dem Unterdrempel in gleicher Höhe. Der Vorboden des Oberhauptes hat gemeinhin eine so geringe Ausdehnung, daß die Erhöhung desselben, welche in Fig. 257. *b* dargestellt ist, sich kaum noch rechtfertigt, besonders weil sie die Anbringung eines neuen Absatzes im Boden bedingt. Dieser Vorboden wird daher gemeinhin in die Höhe des Thorkammerbodens gelegt, wie Fig. 261 zeigt. Die Hinterböden in beiden Häuptern, welche immer zur Verstärkung der Schlagschwellen dienen, liegen dagegen mit diesen in gleicher Höhe.

Im Vorstehenden ist, wie auch Anfangs erwähnt, der Massivbau vorausgesetzt. Eine wesentliche Aenderung in der Höhenlage des Oberbodens muß indessen eintreten, wenn derselbe in Holz ausgeführt wird. Das Holz darf nämlich nicht dem häufigen Wechsel von Trockenheit und Nässe ausgesetzt werden, und dieses würde beim Hinterboden und dem obern Theil des Abfallbodens im Oberhaupt der Fall sein, wenn der Oberboden so hoch gelegt wäre, als die Einsenkung der Schiffe nach der vorstehenden Untersuchung gestattet.

Zur Schonung der erwähnten hölzernen Böden, deren Reparatur immer schwierig und zeitraubend, daher auch für die Schifffahrt sehr störend ist, pflegt man dieselben bis unter das niedrigste Unterwasser zu senken, und hiernach erhält der ganze Oberboden eine tiefere Lage, wie Fig. 258 zeigt. Dabei tritt der Uebelstand ein, daß die Sohle des Ober-Canals bedeutend höher liegt, als der Oberboden der Schleuse. Man kann freilich die Canalsohle allmählig bis zu dem letztern senken, aber abgesehen von der alsdann erforderlichen nutzlosen Vertiefung und Verbreitung des Canals, die wieder eine Verlängerung der Flügelmauern bedingt, wird dadurch auch das Versanden und Verschlämmen der Schleuse befördert, indem die Strömung, die beim jedesmaligen Füllen der Kammer eintritt, den Sand und die Erde auf der geneigten Sohle des Canals um so leichter der Schleuse zuführt. Am vortheilhaftesten ist es in diesem Fall, die in Fig. 258 angegebne Anordnung zu wählen, und die untern Dammbalken im Vorboden des Oberhauptes beständig

liegen zu lassen, gegen welche die Erdschüttung in der vollen Höhe der Sohle des Ober-Canals sich lehnt. Man kann auch, wie gleichfalls zuweilen geschieht, statt dieser Balkenwand eine Fallmauer in derselben Höhe aufführen.

In den Amerikanischen Canal-Schleusen Fig. 265 Taf. XXXVII. wird der Oberdrempele sogar zuweilen mit dem Unterdrempele in gleiche Höhe gelegt. Der Abfallboden zwischen beiden fehlt dabei ganz, wogegen vor der obern Thorkammer eine senkrechte Mauer steht, welche der Sohle des Ober-Canals zur Stütze dient. Bei der dort üblichen sehr leichten Konstruktionsweise erlaubt diese Anordnung ohne Zweifel eine große Vereinfachung des ganzen Baues. Die Oberthore erhalten alsdann dieselbe Höhe, wie die Unterthore, und indem die Schütz-Oeffnungen sehr tief angebracht werden können, verschwindet nicht nur die Gefahr, daß das Wasser, beim Herabstürzen vom Abfallboden, in das Schiff fließen möchte, welches in der Schleuse liegt, sondern die Geschwindigkeit des durchfließenden Wassers wird auch größer und sonach füllt die Kammer sich schneller an, als wenn die Schütz-Oeffnung über einem hohen Abfallboden läge. In den meisten Fällen befindet sich aber in den Amerikanischen Canalschleusen unter den Schlagschwellen des Oberhauptes noch eine zweite Mauer von gleicher Höhe, und der Raum zwischen beiden ist mit einem hölzernen Boden überdeckt. Es kommt auch vor, daß diese zweite Mauer durch eine offene hölzerne Rüstung ersetzt wird, und hierdurch bietet sich Gelegenheit, unter Umgehung von Schütz-Oeffnungen in den Thoren und von Umläufen, die Kammern durch Oeffnungen in dem erwähnten hölzernen Boden zu füllen, wovon später die Rede sein wird (§. 67).

Was die Höhe der Schleusenmauern betrifft, so hängt dieselbe von dem höchsten Wasserstande ab, wobei die Schifffahrt noch ausgeübt werden kann. Die Benutzung der Schleuse hört auf, sobald das Oberwasser die Höhe der Thore erreicht. Da aber bei gefüllter Kammer die Unterthore das Oberwasser begrenzen, so muß die Höhe derselben, eben so wie auch die der Kammerwände noch über den höchsten schiffbaren Stand des Oberwassers hinaus-treten. Daß das Oberhaupt und die Oberthore bis über den absolut höchsten Wasserstand heraufzuführen sind, ist bereits erwähnt. Wenn aber das Unterwasser zu solcher Zeit nahe dieselbe Höhe

erreicht, so ist es ohne Nachtheil, daß dieses die Unterthore überfluthet, weil dadurch keine heftige Durchströmung und sonach auch keine Versandung veranlaßt wird.

In manchen Fällen erreichen die selten wiederkehrenden höchsten Wasserstände eine solche Höhe, daß die Oberthore, wenn sie derselben entsprechen sollten, sehr schwer und im Gebrauch un bequem werden würden. Man pflegt alsdann besondere Vorkehrungen zu treffen, wodurch sie, nachdem die Schifffahrt wegen eines zu hohen Wasserstandes bereits unterbrochen ist, noch erhöht werden können. Dieses geschieht, indem man stark verstrebt Wände aufsetzt. Außerdem dienen zu diesem Zweck auch die sogenannten Sturmthore, welche ein zweites Thor-Paar bilden, das sich gegen die untern Thore in derselben Art, wie diese gegen die Schlag-schwellen lehnt. Fig. 259. *a* und *b* Taf. XXXIV. zeigt diese Anordnung im Grundriß und Längendurchschnitt. Sie kommt indessen wohl nur bei Seeschleusen vor, woher der Name Sturmthor.

Bei der untern Schleuse eines Canals, welche denselben mit dem Strom verbindet, ist man oft noch zur Anbringung eines dritten Thorpaares gezwungen. Die Strecke unterhalb derselben ist nämlich allen Veränderungen des Wasserstandes ausgesetzt, die im Strom selbst eintreten. Bei kleinem Wasser liegt sie tiefer als die nächst vorhergehende Canalstrecke, bei Anschwellungen tritt sie aber in das Niveau derselben, und steigt zur Zeit des höchsten Wassers sogar noch höher. Die Thore sind alsdann dem Druck von der Seite des gewöhnlichen Unterwassers ausgesetzt, sie öffnen sich und das Oberwasser nimmt das Niveau des Stroms an. Wenn hierbei kein besondrer Nachtheil zu besorgen ist, so wendet man auch keine Maafsregeln dagegen an. Wenn dagegen der höhere Wasserstand für die Umgebungen des Canals nachtheilig werden könnte, was namentlich in eingedeichten Ländereien der Fall ist, so muß die Schleuse so eingerichtet werden, daß sie den höhern Wasserstand des Stroms abhält. Man versieht sie alsdann mit einem dritten Thorpaare, welches in entgegengesetzter Richtung aufschlägt. Diese Thore nennt man Fluththore. Dieselben werden gewöhnlich in der Art angeordnet, wie Fig. 260. im Grundriß zeigt, nämlich so, daß die beiden Drempel unmittelbar neben einander liegen, und die Wendenischen zu beiden Seiten in dieselben Werkstücke eingeschnitten sind. Man könnte andererseits auch beide

Thorkammern mit einander verbinden, und die Fluththore zwischen die Ober- und Unterthore legen. Dabei würde noch der Vortheil eintreten, daß die Länge der Schleuse sich etwas verringert, dagegen blieben alsdann die Unterthore ohne Schutz, und da sie nicht die Höhe der Fluththore haben, würden sie während der Anschwellung ganz unter Wasser bleiben, und bei zufälligen Ereignissen, wie etwa durch Gegenstoßen des Eises, oder wenn sie beim Wellenschlage sich abwechselnd öffnen und schliessen sollten, starken Beschädigungen ausgesetzt sein. In manchen Fällen darf die Schifffahrt auch während des höhern Wasserstandes im Strom nicht unterbrochen werden, und die Schleuse muß eben sowol benutzt werden können, wenn der Wasserstand im Strom, als wenn der Wasserstand im Canal der höhre ist. Ein solches Bedürfnis tritt bei tief liegenden, eingedeichten Niederungen häufig ein, und die Schleusen erhalten alsdann in jedem Haupt zwei Thor-Paare, die in entgegengesetzter Richtung sich öffnen.

Um die Anordnung der Schleusen deutlicher darzustellen, und um zugleich auf die Unterschiede aufmerksam zu machen, welche hierbei vorkommen, theile ich die Grundrisse und Durchschnitte einer Deutschen, einer Englischen und einer Amerikanischen Schleuse mit.

Fig. 261. auf Taf. XXXV. zeigt eine Ruhr-Schleuse, die in neuerer Zeit ziemlich übereinstimmend mit den dortigen ältern Schleusen ausgeführt ist. Sie ist ganz massiv, auf Béton gegründet, und der Kammerboden wird durch ein umgekehrtes Gewölbe gebildet. Von den Treppen, welche an den Ruhr-Schleusen üblich sind, ist bereits die Rede gewesen, man bemerkt eine solche in dieser Zeichnung. Die in Frankreich übliche Anordnung der Schleusen stimmt im Allgemeinen mit dieser überein, doch fehlen dabei die Treppen.

Fig. 262. *a*, *b* und *c* auf Taf. XXXVI. stellt eine Schleuse im Ellesmere-Canale dar, welche bei Gelegenheit der weitem Ausdehnung dieses Canals im Jahr 1805 von Telford erbaut wurde. Die Schleuse ist gleichfalls massiv und stimmt nahe mit allen Englischen Canal-Schleusen überein. In den niedrigen Thoren des Oberhauptes fehlen die Schütze, wogegen Umläufe angebracht sind, welche sich in einem gemeinschaftlichen überwölbten Canal unter dem Oberboden vereinigen und in der Mitte des senkrechten Ab-

fallbodens in die Schleusenkammer treten. In dieser Schleuse haben die Thore gusseiserne Säulen und Riegel, die Telford auch bei andern und selbst bei den großen Schleusen des Caledonischen Canals statt der sonst üblichen hölzernen Verbandstücke angewendet hat. Es ist noch darauf aufmerksam zu machen, daß die einzelnen Thore nicht Ebenen, vielmehr cylindrische Flächen bilden. In England ist diese Form besonders bei größern Schleusen allgemein üblich, wodurch dem Brechen der Riegel kräftig vorgebeugt wird.

Fig. 263. zeigt den Querschnitt einer gleichfalls von Telford in der Nähe von Beeston-Castle in Cheshire ausgeführten gusseisernen Schleuse. Der Boden besteht hier aus einem so leichten und mit Wasser durchzogenen Triebssand, daß die frühern massiven Schleusen wiederholentlich eingestürzt waren. *) Der in der Figur dargestellte Querschnitt ist durch die Kammer gelegt, und enthält zugleich die Ansicht des Oberbodens. Die ganze Kammer, sowie auch die Häupter sind von unten und von den Seiten durch gusseiserne Platten mit Verstärkungsrippen eingeschlossen. Auf einem leichten Pfahlwerk ruht der ganze Bau, und die Füllung der Schleusenkammer geschieht durch eiserne Röhren, die wieder am untern Theil des senkrechten Abfallbodens ausmünden. Der Abfallboden besteht gleichfalls aus Gusseisen, damit derselbe aber beim Einfahren der Schiffe nicht beschädigt werde, so ist er mit Holz bekleidet.

Fig. 265. *a, b, c, d* und *e* auf Taf. XXXVII. zeigt eine Amerikanische Schleuse, und zwar in derjenigen Anordnung, die von Benj. Wright für den James River und Kanawha-Canal in Virginien gewählt ist. Sie hat einen hölzernen Boden und massive Mauern. Auf die Einfachheit des ganzen Baues in Folge des in gleicher Höhe durchgeführten Schleusenbodens ist bereits aufmerksam gemacht. Die Schlagschwellen sind auf diesem Boden nur durch Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 265. *e* zeigt. In Bezug auf Solidität läßt die gewählte Anordnung gewiß Vieles zu wünschen, und ist deshalb wohl nicht als Muster zu empfehlen.

Fig. 266. stellt den Durchschnitt durch die Kammer einer Schleuse des Schuylkill-Canals dar. Die Anordnung des ganzen Baues stimmt mit der eben beschriebnen Schleuse nahe überein,

*) *Life of Telford*. London 1838. Seite 37.

und unterscheidet sich nur durch die Holzverkleidung, welche die Kammermauern und Häupter umgiebt. Selbst die Wendenischen sind hier aus starken Hölzern gebildet, indem man brauchbare Bruchsteine nicht ohne bedeutende Kosten beschaffen konnte.

Das Gefälle einer Schleuse ist augenscheinlich von dem des daneben liegenden Wehrs abhängig. Bei Canalschleusen kann man diesem Gefälle eine beliebige Gröfse geben, indem die Anzahl der Schleusen, auf welche das ganze Gefälle vertheilt wird, innerhalb gewisser Grenzen beliebig angenommen werden darf. Schleusen-Gefälle von 6 bis 8 Fufs sind die gewöhnlichsten, doch bietet die Vergrößerung derselben bis 12 Fufs keine Schwierigkeit, und es giebt mehrfache Beispiele, dafs auch Gefälle bis 18 Fufs ohne Nachtheil gewählt sind.

Bei grossem Gefälle wendet man gekuppelte Schleusen an, d. h. man legt mehrere Schleusenkammern dicht hinter einander, und trennt dieselben nur durch einzelne Häupter, so dafs jedes Unterhaupt der einen Kammer zugleich Oberhaupt der nächstfolgenden ist. Die Anzahl der Häupter in einer gekuppelten Schleuse ist sonach um Eins gröfser, als die der Kammern, während doppelt so viel Häupter, als Kammern nöthig sind, wenn man die Schleusen getrennt von einander ausführt. Hierauf beruht der Vortheil der gekuppelten Schleusen. Bei ihrem Gebrauch tritt freilich eine gröfsere Wasser-Consumtion ein, aber dasselbe geschieht auch, wenn die einzelnen Schleusen in geringer Entfernung hinter einander liegen und nicht durch ausgedehnte Zwischen-Canäle getrennt sind. Bei Gelegenheit der schiffbaren Canäle wird dieser Umstand näher erörtert werden. Sobald die Lokalität ein sehr starkes Gefälle an einer bestimmten Stelle im Canal bedingt, so thut man wohl, wie dieses alsdann auch immer geschieht, eine gekuppelte Schleuse zu erbauen, wodurch nicht nur die Kosten der Anlage vermindert, sondern auch der Durchgang der Schiffe beschleunigt wird. Die Anzahl der Kammern in den gekuppelten Schleusen ist sehr verschieden. In den meisten Fällen sind es nur zwei, doch kommen auch drei, vier und mehrere vor. Auf zwei sehr wichtigen Canälen giebt es sogar achtfach gekuppelte Schleusen, nämlich auf dem Canal du Midi neben Bézières und auf dem Caledonischen Canal zwischen dem Loch Lochy und Loch Eil. Das Gefälle der letztern beträgt 62 und das der erstern 68 Rheinländische Fufs. Die ge-

kuppelten Schleusen zeigen übrigens in ihrer Anordnung keine Eigenthümlichkeit, welche eine nähere Beschreibung nothwendig macht, und es wäre nur zu erwähnen, daß am obern Ende jeder einzelnen Kammer ein Abfallboden sich befindet.

Andrerseits hat man aber auch versucht, durch einzelne Schleusen sehr große Gefälle zu übersteigen. Dieses geschieht durch die sogenannten Schacht-Schleusen. Das wichtigste Beispiel dafür ist ein Bau, der in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Schweden unternommen wurde. Die Götha-Elv, welche den Abfluß des Wenern-Sees in die Nordsee bildet, hat ein sehr starkes Gefälle, und der hier besonders feste und harte Granitfels engt sie theilweise übermäßig ein, und bildet eine Reihe von Wasserstürzen, von denen die bedeutendsten unter dem Namen des Trollhätta-Falls bekannt sind. Die Einrichtung dieser Stromstrecke zum Schiffsfahrtswege hielt man mit Recht für unmöglich, man entschloß sich daher zur Anlage eines Seiten-Canals, der den Namen Götha-Canal erhalten hat und im Anfange dieses Jahrhunderts beendet ist, wiewohl er auch später noch wesentliche Aenderungen erfahren hat. Der Anfang zu diesem Bau wurde indessen schon viel früher gemacht, und zwar nach einem Plan, den Polhem und Elvius entworfen hatten, und der im Jahr 1748 die Genehmigung der Regierung erhielt. Hiernach sollte das ganze Gefälle, welches 117 Schwedische oder 111 Rheinländische Fuß betrug, nur auf drei Schleusen vertheilt werden, nämlich auf eine von 28 Fuß, eine zweite, die sogenannte Polhem-Schleuse, von 56 Fuß und eine dritte von 33 Fuß Gefälle. Nach manchen Mittheilungen sollte man glauben, daß dieser Plan vollständig zur Ausführung gekommen wäre, namentlich sagt dieses Hogrewe *). Büsch machte dagegen im Jahre 1780 eine Reise nach Schweden, hauptsächlich um über diesen Canal bestimmte Nachrichten einzuziehen, und aus seinen Mittheilungen **) erfuhr man, daß unmittelbar nach der Ausführung die zweite Schleuse zusammenbrach, und der Canal überhaupt nicht beendet war.

Polhem hatte ein eigenthümliches System des Schleusenbaues

*) Beschreibung schiffbarer Kanäle. Hannover 1780.

**) Praktische Darstellung der Bauwissenschaften. Uebersicht des gesammten Wasserbaues. Bd. II. Hamburg 1796. Seite 163.

in Anwendung gebracht. Um nämlich den Unterthoren nicht eine übermäßige Höhe geben zu dürfen und um sie zugleich vor dem starken Druck sicher zu stellen, machte er sie nur einige zwanzig Fuß hoch und liefs ihre obern Ränder gegen gemauerte Drempele anschlagen, wie dieses auch bei den Entwässerungs-Schleusen oder Sielen, die in Deichen liegen, geschieht. Jede Schleusenkammer bildete also einen Schacht, und der Unter-Canal verwandelte sich in eine unterirdische Canalstrecke. Die erste Schleuse war wirklich fertig geworden. Die zweite, welche Polhem's Namen führte und die bedeutendste war, hatte man gleichfalls beendigt und sogar die Thore eingehängt. Bei der ersten Probe drang indessen das Wasser durch das klüftige Gestein so stark hindurch, daß die Kammer sich nur langsam füllte, und als dieses endlich nahe erfolgt war, brachen die Thore. Dieser Unfall würde indessen noch nicht das ganze Unternehmen vereitelt, vielmehr nur zur Anwendung grössrer Vorsicht Veranlassung gegeben haben, wenn nicht im Jahre 1755 ein andrer Umstand eingetreten wäre, der den ganzen Canalbau unterbrach. Um nämlich diesen Canal oberhalb des stärksten Wasserfalls fortzusetzen, wurde in letzterem, und zwar an der engsten Stelle des Strombetts ein Wehr erbaut, dessen Stau sich über alle oberhalb belegnen Wasserfälle ausdehnen sollte. Büsch bezeichnet diesen Theil des Projekts als den stärksten Mißgriff. Das Wehr war fertig geworden und hatte einige Zeit hindurch dem Andränge des Stroms widerstanden, als es plötzlich durchbrach, und sogleich vollständig zerstört wurde. Die Regierung war nicht mehr geneigt, auf die neuen Vorschläge von Polhem einzugehn, und das ganze Unternehmen gerieth in Stocken, bis es im Anfang dieses Jahrhunderts nach einem ganz andern Plan, und ohne weitere Benutzung jener Schachtschleusen, zur Ausführung gebracht wurde.

Indem die Wirksamkeit der gewöhnlichen Schiffsschleusen, wie oben angegeben, darauf beruht, daß die Kammer abwechselnd mit dem Oberwasser in Verbindung gesetzt, und durch dieses gefüllt, alsdann aber wieder bis zum Niveau des Unterwassers abgelassen wird, so folgt hieraus, daß es an hinreichendem Zuflufs zur Speisung des Oberwassers nicht fehlen darf, damit der beim jedesmaligen Gebrauch der Schleuse eintretende Verlust wieder ersetzt wird. Liegt die Schleuse neben einem schiffbaren Strom, so daß sie unmittelbar durch das Oberwasser des Wehrs

gespeist wird, so ist gewöhnlich kein Wassermangel zu besorgen. Wenn die Schleuse dagegen zwei Canalstrecken verbindet, von denen die obere nur mäßige Zuflüsse erhält, die vielleicht während der trocknen Jahreszeit beinahe ganz versiegen, so sinkt das Oberwasser beim jedesmaligen Durchschleusen von Schiffen tiefer herab, und nimmt leicht einen so niedrigen Stand ein, daß die Schiffe daselbst nicht mehr fahren können. Um diesem Uebelstande zu begegnen, hat man sich mehrfach bemüht, durch andre Anordnung der Schleuse den Wasserverlust zu vermindern, und womöglich ganz zu umgehn. Von diesen Versuchen wird später die Rede sein.

Man kann mittelst der Schütze oder Umläufe der gewöhnlichen Kammerschleusen zwar kleinere Wassermassen aus dem Oberwasser in das Unterwasser leiten, wenn in jenem das Niveau sich zu hoch erheben, oder in diesem zu tief senken sollte. Die Benutzung der Schiffsschleusen als Freiarchen darf aber nicht zu weit ausgedehnt werden, wenn nicht vielleicht durch besondere Verstärkung des ganzen Baues und namentlich des Bodens den Wirkungen des mit Heftigkeit hindurchströmenden Wassers vorgebeugt ist. Man pflegt daher, wenn das Bedürfnis einer kräftigen Wasserlösung eintritt, und nicht etwa Freiarchen oder ähnliche Anlagen bereits vorhanden sind, solche noch in besondern Seiten - Canälen neben den Schleusen zu erbauen.

Wenn die Schleuse aber auch hinreichend solide ausgeführt ist, um einer starken Strömung längere Zeit hindurch ohne Nachtheil widerstehn zu können, so verbietet dennoch die gewöhnliche Einrichtung der Thore, die Schleuse als Freiarche zu benutzen. Die Thore lassen sich nämlich nur öffnen, wenn der Druck des Wassers dagegen aufgehört hat, oder das Wasser oberhalb und unterhalb derselben beinahe im Niveau steht. Wollte man aber hinreichend kräftige mechanische Vorrichtungen anwenden, um die Thore, eines starken Wasserdrucks ungeachtet, zu öffnen, so würden sie, sobald ihre Stemmung gegen einander und die gleichmäßige Unterstützung durch die Schlagschwellen und Wendenischen aufhört, zerbrechen, und einer noch größern Gefahr würden sie ausgesetzt sein, wenn man sie, während ein heftiger Strom hindurchgeht, plötzlich schliessen wollte.

§. 64.

Die Schleusenammer.

Die Schleusenammer, aus dem Kammerboden und den Kammerwänden bestehend, stimmt in ihrer Construction ungefähr mit dem Abschußboden und den zugehörigen Seitenwänden eines Wehrs oder einer Freiarche überein. Ein Unterschied liegt besonders darin, daß man bei der Schiffsschleuse den Wechsel des Wasserstandes beim jedesmaligen Durchgang eines Schiffes berücksichtigen muß. Aus diesem Grunde wird die Ausführung der Seitenwände in Holz gemeinhin für bedenklich erachtet, zumal hölzerne Wände auch nicht wasserdicht sind, also bei jedem Füllen und Leeren der Kammer das Wasser in die Hinterfüllungs-Erde hinein- oder heraustritt und im letzten Fall einen Theil derselben fortspült, woher Einsenkungen neben den hölzernen Schleusen häufig vorkommen. Andererseits darf man nicht voraussetzen, daß massive Schleusen gar keiner Reparaturen bedürfen. Solche sind nie ganz zu vermeiden, und werden sogar sehr bedeutend, wenn nicht wenigstens die äußern Flächen der Mauern aus festen und frostbeständigen Steinen bestehn. Der häufige Wechsel zwischen Nässe und Trockenheit greift nämlich die weichen Steine nicht nur an, sondern befördert auch besonders das Ausfrieren derselben. Die Reparaturen an hölzernen Schleusen sind aber insofern, als alle neuen Verbandstücke schon vorher zugerichtet werden können, in kürzerer Zeit auszuführen, und sonach ist die Dauer der Schleusensperre geringer, als wenn massive Schleusen in Stand gesetzt werden müssen. Der Holzbau ist aus diesem Grunde, besonders wenn das Bauholz wohlfeil ist, keineswegs verwerflich.

In Betreff der Anordnung der hölzernen Kammerwände ist zu bemerken, daß dieselben gewöhnlich eben so weit, wie die Wände der Thorkammern von einander entfernt sind. Man kann nämlich zurücktretende Thornischen im Holzbau nicht leicht darstellen, und deshalb führt man lieber die Seitenwände längs der ganzen Schleuse in einer Flucht durch, und läßt vor dieselben nur die starken Stiele, welche die Wendenischen bilden, vortreten. Von

der Konstruktion der Häupter wird im Folgenden die Rede sein, hier geschieht dieser Anordnung nur deshalb Erwähnung, weil sie eine Erweiterung der Kammer bedingt. Es entsteht hieraus der Nachtheil, dass eine grössere Wassermasse zum jedesmaligen Füllen der Kammer erforderlich ist, und folglich auch die Zeit des Durchschleusens etwas ausgedehnt wird.

Die gewöhnliche Konstruktion der Kammerwände stimmt mit der der hölzernen Seitenwände der Wehre (§. 45) nahe überein. Bei den Holländischen Schleusen sind aufgesetzte Wände ganz gewöhnlich. Dieselben bestehn dort häufig aus zwei über einander stehenden Wänden, welche im Niveau des niedrigsten Unterwassers durch einen Rahm oder eine Schwelle von einander getrennt sind. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass diejenigen Verbandstücke, welche am meisten leiden, sehr leicht, und ohne dass man die Schleuse trocken legen darf, erneut werden können. Fig. 267 *a* und *b* auf Taf. XXXVIII zeigt diese Anordnung in der Seitenansicht und im Querschnitt. Die Streckbalken, welche den obern Theil des Bodens bilden, sind mit den besonders breiten Schwellen der untern Wände verkämmt. Auf diesen stehn die untern Stiele, und zwar sind sie nicht nur darin verzapft, sondern in ihrer ganzen Stärke einige Zoll tief eingelassen, so dass eine hinreichend feste Brüstung ihr Herausschieben verhindert. Winkelbänder aus krummen Holzstücken, die sich der Form der Schiffe ungefähr anschliessen, stützen jeden einzelnen Stiel. Der Rahm über diesen Stielen ist zugleich die Schwelle der obern Wand, und die Stiele der letztern werden durch Erdanker gehalten.

Die kleinern hölzernen Schleusen in den Niederlanden, welche nur von Böten oder von Lichterfahrzeugen ohne Masten passirt werden, sind häufig durch Wände eingeschlossen, in welchen vor jedem vierten Stiel ein höherer Stiel steht, der mit dem gegenüberstehenden durch einen Spannriegel verbunden ist. Letzterer muss so hoch liegen, dass die Schiffe darunter fortfahren können. Gegen diese höheren Stiele lehnen sich aber zu beiden Seiten der Kammer die Rahme der Schleusenwände, und jede weitere Verankerung ist alsdann entbehrlich. Tilemann von der Horst spricht sogar von solchen Gebinden, aus zwei Pfählen und obern und untern Spannriegeln bestehend, die noch durch Bänder verbunden sind. Dieselben müssen vollständig zusammengesetzt werden, bevor sie

aufgestellt und eingerammt oder mittelst eines angehängten Flosses, in den vorher ausgetieften Grund herabgedrückt werden*).

In Nordamerika, und zwar in solchen Gegenden, wo das Holz beinahe keinen Werth hat, erbaut man hölzerne Schleusenwände auch zuweilen in ähnlicher Art, wie das Wehr bei Shuylkill (§. 44. Fig. 175 auf Taf. XX), indem zwischen die sich durchkreuzenden Balken kleine Steine gepackt werden. Man stellt indessen Stiele davor, gegen welche ein doppelter, möglichst dichter Bohlenbelag genagelt wird**).

Die massiven Kammermauern sind wesentlich nichts Andres als Schälungs-Mauern, es gelten daher für sie dieselben Regeln, welche in §. 3 entwickelt sind. Man muss aber besondere Vorsicht auf die sorgfältige Ausführung der Schleusenmauern verwenden, weil der häufig eintretende bedeutende Wechsel des Wasserstandes den Steinen sehr nachtheilig werden kann. Dazu kommt noch, dass bei einiger Undichtigkeit des Mauerwerks das Wasser auch durch dieses beim jedesmaligen Durchschleusen eines Schiffs in der einen oder andern Richtung hindurchfließt, und indem die Adern sich leicht erweitern, wird der Zusammenhang der Mauer bedroht.

Die Anwendung eines guten Mörtels, der schnell erhärtet und dauernd fest bleibt, sowie die sorgfältige Ausführung der Maurerarbeit, wobei sowohl die Lager- als Stossfugen vollständig gefüllt werden, ist dringendes Erforderniss. Eben so wichtig ist es aber auch, wenigstens zur Verkleidung dieser Mauern nur solche Steine zu benutzen, die weder erweichen noch ausfrieren. In den Niederlanden sind die meisten Schleusen aus gebrannten Steinen erbaut, es gehört aber eine längere Erfahrung dazu, bevor man über die Brauchbarkeit derselben für diesen Zweck ein sichres Urtheil sich bilden kann, und es fehlt nicht an Beispielen, dass kurze Proben von einigen Wintern keinen Beweis für die hinreichende Festigkeit der Ziegel liefern. Wenn aber die Steine auf grosse Stellen auswittern und abbröckeln, so ist eine solide Reparatur unmöglich, und es bleibt nur übrig, die Mauer neu aufzuführen.

*) *Tilemann von der Horst, theatrum machinarum universale. Amsterdam 1736. I. Deol. png. 8.*

**) *Malèzieux, travaux publics des états-unis d'Amerique. Paris, 1873. pag. 337.*

Die Verkleidung der Mauern mit festen Steinen ist insofern bedenklich, als man besorgen kann, dass die äussere Verblendung sich mehr oder weniger setzen möchte, als die Hintermauerung. Dieses tritt besonders ein, wenn die Höhe der Lagerfugen in beiden Theilen sehr verschieden ist, wie dieses jedesmal geschieht, wenn man eine Mauer aus gebrannten Steinen mit Werkstücken verkleidet. Doch auch in diesem Fall vermindert sich die Besorgniss, wenn guter hydraulischer Mörtel benutzt wird, der beim Erhärten wenig schwindet.

Zuweilen giebt das Quellwasser die nächste Veranlassung zur baldigen Beschädigung der Schleusenmauern. Wenn nämlich die Schleuse auf einem wasserdichten Felsboden oder auf sehr festem Thonboden ausgeführt ist, und die Flügelmauern sich wasserdicht an das höhere Ufer anschliessen, so finden die Quellen und Adern, welche vom Ufer aus in den abgeschlossnen Raum ausmünden keinen Ausweg und das Grundwasser steigt bis zur Höhe der Mauern auf. Es dringt alsdann in diese ein, und sickert hindurch. Ich habe in mehreren Fällen diese Erscheinung wahrgenommen, und oft bemerkt, dass diejenigen Schleusenmauern, welche sich an höhere Ufer lehnen, auffallend stärker angegriffen waren, als die gegenüberliegenden. Man kann diesem Uebelstande leicht begegnen, wenn man hinter solchen Mauern Sickergräben (Theil I, §. 29) anlegt, und dieselben durch Oeffnungen, welche durch die Flügelmauern gebohrt werden, mit dem Unterwasser in Verbindung setzt.

Bruchsteine eignen sich, wenn sie lagerhaft und fest sind, gleichfalls zur Ausführung von Schleusenmauern, auch ist die Verblendung eines solchen Mauerwerks mit Hausteinen zulässig, sobald diese ungefähr gleiche Höhe mit den Bruchsteinschichten haben. Die Regelmässigkeit der sichtbaren Mauerflächen ist indessen ohne wesentlichen Nutzen, und man kann, wenn es auf Kostenersparung ankommt, und nicht etwa die nächsten Umgebungen oder andre äussere Umstände eine besondere Eleganz fordern, der Solidität und Brauchbarkeit unbeschadet, die Mauern der Schleusen, mit Ausnahme der Wendenischen, aus Bruchsteinen ausführen. Es dürfen dabei freilich nicht einzelne Steine oder Ecken derselben vortreten, weil die Schiffe an solchen leicht hängen bleiben, aber wenn man die Mauern gehörig ebnet, so ist es kein Uebelstand, dass die weniger regelmässigen Fugen das Material erkennen lassen, woraus die

Mauer besteht. Die ganze Mauermasse ist in solchem Fall durchaus gleichmässig, woher eine Trennung durch verschiedenartiges Setzen nicht vorkommt. Man darf auch nicht fürchten, dass die Fugen, die allerdings stellenweise sehr stark ausfallen, das Wasser hindurchlassen werden, sobald man sie sorgfältig mit passenden Steinstückchen und gutem Mörtel gefüllt hat. In Amerika verkleidet man zuweilen, wie Fig. 266 auf Taf. XXXVII zeigt, selbst trockne Mauern, die ohne Mörtel ausgeführt sind, mit doppeltem Bohlenbelage, der gegen hölzerne Stiele genagelt wird. Dabei werden vergleichungsweise gegen solide Mauern nur etwa 17 Procent der Anlagekosten erspart, und man ist daher in neuster Zeit von dieser Constructionsart zurückgekommen.

Die grösste Solidität erreicht man ohne Zweifel, wenn die ganze Mauer aus Werkstückchen ausgeführt ist, die mit gehöriger Vorsicht und mit Anwendung eines guten Mörtels versetzt sind. Die Kosten sind in diesem Fall sehr bedeutend, doch kann man sie wesentlich ermässigen, wenn man allen Anforderungen entsagt, die nicht ausschliesslich durch die Regeln der Construction begründet werden. Grosse Dimensionen der einzelnen Steine sind hiernach entbehrlich, kleinere Steine lassen sich sogar viel leichter versetzen, und liefern daher bei gleicher Sorgfalt der Ausführung ein bessres Mauerwerk. Die Anforderung, dass alle Schichten gleich hoch sein sollen, ist gleichfalls unbegründet. Es ist nur dahin zu sehn, dass alle Steine in einer Schicht gleiche Höhe haben. Ferner ist die sorgfältige Bearbeitung der innern Steine überflüssig, ihre Höhe muss aber mit der der äussern übereinstimmen, und da letztere eben so wie jene in das Mörtelbette fest eingesetzt werden müssen, so ist es schwierig, diese so genau zu versetzen, dass ihre äussern Flächen ganz scharf in die Flucht der Mauer treffen und regelmässige und feine Fugen zeigen. Es bleibt daher nur übrig, sobald der Mörtel erhärtet ist, die äussere Mauerfläche nachzuarbeiten (§. 4). Hiernach verschwindet jeder Grund, diese äussern Steine schon vor dem Versetzen mit der grössten Sorgfalt zu bearbeiten. Bedingung bleibt es aber, die festesten Steine zur Verkleidung der Mauer zu verwenden. Häufig tritt der Fall ein, dass in demselben Steinbruch nur einzelne Lagen, und namentlich die tieferen frostbeständig sind, während diese nicht gewonnen werden können, ohne dass vorher die obern, weniger dauerhaften, Lagen gebrochen sind.

Alsdann ist es dem Besitzer des Steinbruchs sehr erwünscht, und er stellt die Preise billiger, wenn er die festeren und weicheren Steine zugleich liefern darf. Er kann aber selbst die dünnern Schichten des Steinbruchs benutzen, wenn man keine bedeutende Höhe der Steine fordert, und nur ein gewisses Minimum, etwa von 8 Zoll für die Stärke der Mauerschichten bedingt. Die andern Dimensionen der Steine sind zwar von der Höhe abhängig, doch ist es überflüssig, dafür bestimmte Maasse zu verlangen. Nur in der äussern Fläche muss man angemessene Längen der Steine fordern, um eine gehörige Abwechslung der Stossfugen darstellen zu können.

Die Profile der Kammermauern sind von denselben Bedingungen abhängig, die für die Futtermauern (§. 3) entwickelt sind, der häufig eintretende Wechsel des Wasserstandes erfordert jedoch etwas grössere Stärke der Schleusen-Mauern.

Zwischen den Grenzen des obern und untern Wasserstandes und über denselben dürfen die Mauern in der der Kammer zugekehrten Seitenfläche keine Böschung erhalten, wenn die Breite der Kammer schon so weit beschränkt ist, als die durchgehenden Schiffe gestatten. Bei Anbringung einer solchen Böschung würde die Breite entweder überflüssig vergrössert, oder zum Nachtheil der Schifffahrt beschränkt werden. Auch unter dem Unterwasser führt man die Mauer gemeinhin lothrecht auf, giebt ihnen also an der Seite, welche der Kammer zugekehrt ist, keine Böschung. Dieses geschieht wenigstens, wenn die Schiffe entweder keine bedeutende Einsenkung haben, oder die Form ihres Querschnitts sich einem Rechteck nähert, was bei Fluss- und Canalschiffen mehr oder weniger der Fall ist. In den Schleusen, die auf Taf. XXXV und XXXVI dargestellt sind, sieht man diese Anordnung, und eben so auch Fig. 268, 269 und 271 auf Taf. XXXVIII. In den Amerikanischen Canalschleusen sind dagegen die Mauern meist im Verhältniss von 1 : 10 geneigt (Fig. 265).

Dockschleusen und andre Hafenschleusen, welche von Schiffen passirt werden, die auf den Kiel gebaut, und wenn auch nicht besonders scharf, doch jedesmal mit abgerundetem Boden versehen sind, dürfen die Kammermauern unbedenklich in den untern Theilen in die Kammer vortreten, wodurch ihre Stabilität wesentlich gewinnt. Der Umstand, dass die Lager-Fugen normal gegen die Krümmung, also aufwärts gekehrt sind, ist in diesem Fall ohne Nachtheil, da

der untre Theil der Mauer beständig unter Wasser bleibt. Diese Anordnung hat man fast bei allen neuern Schleusen in England gewählt, die für den Durchgang der Seeschiffe bestimmt sind. Telford baute in dieser Weise die Schleusen des Caledonischen Canals. Fig. 270 zeigt den Querschnitt der später ausgeführten Schleuse bei Meyton-Gate im neuen Hafen zu Kingston-upon-Hull. Die Krümmung des untern Theils der Mauer setzt sich in der Wölbung des Bodens durch die ganze Breite der Schleusenkammer fort*). Die Mauern sind aus Ziegeln aufgeführt, in den obern Theilen jedoch mit Werkstücken verkleidet.

Ganz im Gegensatz zu der vorstehend angegebenen Profilirung der Kammermauern geschieht es zuweilen, dass man bei Reparatur derselben, um einige Kosten zu sparen, sie bis zur Höhe des Unterwassers abbricht und dafür gepflasterte Böschungen anbringt. An den Saal-Schleusen im Merseburger Bezirk war dieses verschiedentlich vorgekommen. Die zum Bau der Mauern verwendeten Steine waren keineswegs besonders fest, auch der Mörtel hatte im Laufe der Zeit seine Bindekraft verloren. Als die Mauern nicht mehr haltbar waren, entschloss man sich, sie nur bis zum Unterwasser neu aufzuführen, oder auch wohl nur auszubessern, und von hier ab den Seitenboden ein oder ein und ein Viertel füssig abzuböschern und mit dem aus dem Abbruch gewonnenen Stein-Material abzuflastern. Die Kammer wurde auf diese Weise im obern Theile sehr erweitert. Der dadurch veranlasste Mehrbedarf an Wasser zum Füllen der Schleuse durfte unbeachtet bleiben, da die Saale hinreichendes Wasser führte, dagegen wurde die Zeit der Füllung und Entleerung der Kammer ansehnlich verlängert, auch der Verkehr unmittelbar neben den in der Schleuse liegenden Schiffen in nachtheiliger Weise erschwert, der grösste Uebelstand zeigte sich aber darin, dass die in die gefüllte Kammer eingefahrenen Schiffe beim Ablassen des Wassers aller Vorsicht unerachtet sich leicht auf die Dossirung aufsetzten. Geschah dieses, so mussten schleunigst die Schütze in den Unterthoren geschlossen und die der Oberthore wieder geöffnet werden, um das Schiff möglichst bald zu heben. Dieses war um so dringender, als hier nur beladene Schiffe herabgehn. Man sah sich daher bald gezwungen, hölzerne

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I.*

Wände auf die Ränder der Mauern aufzustellen, um die Schiffe sicher in den untern engen Theil der Kammer herabzuführen. Bereits seit längerer Zeit ist man bemüht, diese verfehlte Anordnung wieder zu beseitigen.

Gewöhnlich werden die Kammermauern nicht mit Strebe-
pfeilern versehen, man giebt ihnen vielmehr solche Profile, dass sie überall hinreichende Stabilität haben. Auch in Frankreich und in den Niederlanden geschieht dieses in neuerer Zeit, in England dagegen werden die Schleusenmauern fast jedesmal durch Strebe-
pfeiler verstärkt, wie man bei der kleinen Kanalschleuse Fig. 262, und eben so auch an der Schleuse in Hull, Fig. 270, bemerkt. Die Mauern der letztern sind bei einer Höhe von 25 Fuss oben 7 Fuss stark, und werden durch Pfeiler von quadratischem Querschnitt von 5 Fuss 3 Zoll Seite unterstützt, die in Abständen von 12 Fuss von Mitte zu Mitte aufgeführt sind.

Bei dem häufigen Betreten der Kammermauern, und besonders da auch Ketten oder Taue beim jedesmaligen Durchgehn eines Schiffs aufgebracht und darüber gezogen werden, ist es nöthig, eine Abdeckung mit besonders festen und hinreichend starken Deck-
platten anzubringen. Man bemerkt dieselben in allen mitgetheil-
ten Profilen und Grundrissen der massiven Kammermauern.

Der Kammerboden besteht entweder aus Holz, oder er ist massiv, und zwar werden hölzerne Böden nicht selten auch bei massiven Schleusen angewendet.

Gewöhnlich bemüht man sich, den Kammerboden möglichst wasserdicht zu machen. Diese Absicht rechtfertigt sich dadurch, dass entgegengesetzten Falls bei dem wechselnden Wasserstande in der Kammer ein Durchquellen nach der einen und der andern Seite leicht eintreten kann, welches wieder ein Ausspülen der Erde unter der Schleuse und zur Seite derselben, auch wohl grössere Uebel-
stände besorgen lässt. Dagegen kann das nachtheilige Durchquellen des Wassers vom Oberwasser bis zum Unterwasser durch die Was-
serdichtigkeit dieses Bodens nicht verhindert werden.

Wenn ein solches Durchquellen nur unter dem Oberhaupt, nicht aber unter dem Unterhaupt Statt findet, und der Kammer-
boden wasserdicht ist, so wird dieser einem aufwärts gerichteten Druck ausgesetzt sein, welcher der Höhe des Oberwassers entspricht. Es findet dabei freilich ein Gegendruck statt, der sich aus dem

Wasserstände in der Schleusenammer und aus dem Gewicht des Kammerbodens zusammensetzt, nichts desto weniger kann der erste Druck bei starkem Gefälle und sonstigen grossen Dimensionen der Schleuse, sobald die Kammer entleert ist, so beträchtlich werden, dass ein schwacher Boden gehoben und gebrochen wird. Dieser Gefahr begegnet man zuweilen dadurch, dass man den Boden absichtlich nicht wasserdicht macht, und es wird sogar von einigen Baumeistern empfohlen, die Fugen zwischen den Bohlen des Bodens nicht zu dichten*). Die zuerst erwähnten Uebelstände eines undichten Bodens sind indessen wohl vorzugsweise zu berücksichtigen, und es ist daher angemessener, für die möglichste Wasserdichtigkeit des Schleusenbodens und zugleich für die gehörige Festigkeit desselben zu sorgen. Die Englischen und Französischen Baumeister sind auch stets bemüht dieses zu erreichen, und in den Niederlanden, wo hölzerne Schleusenböden beinahe ausschliesslich vorkommen, wendet man die grösste Vorsicht an, um sie so wasserdicht und zugleich so fest als möglich zu machen. Dabei ist zu erwähnen, dass man bei den ältern Schleusen hiesiger Gegend den nicht gedichteten Boden auch an beiden Seiten vor den Kammermauern mit starken Spundwänden zu umgeben pflegte.

Die massiven Kammerböden sichert man gegen den aufwärts gerichteten Druck, indem man sie mit verkehrten Gewölben bedeckt. Ein solches muss aber, wenn es seinen Zweck erfüllen soll, mit hinreichend starken Widerlagern versehen sein, oder in die Kammermauern eingreifen und sich vollständig gegen diese stützen. Hieraus ergibt sich die Regel, dass man zuerst das Gewölbe ausführt, und zwar beginnt man in dessen Mitte, oder mit dem Versetzen derjenigen Schicht, welche die Schlusssteine enthält. Die nächsten Schichten werden zu beiden Seiten gleichmässig dagegen gemauert und man sorgt dafür, dass sie immer in festen und geschlossnen Lagerfugen sich berühren. Die letzten Schichten dürfen zwar nicht mit ihren obern Flächen in die Kammermauern treten, weil sie in diesem Fall den Verband derselben unterbrechen würden, aber die Lagerfugen, welche die Bogen begrenzen, müssen vollständig in diesen Mauern liegen, wie Fig. 262 *c* und Fig. 271

*) Eytelwein, praktische Anweisung zur Wasserbaukunst. IV. Heft. Berlin 1808. Seite 52.

zeigen. Man darf hiernach die Kammermauern vor der Beendigung des Bodens nur bis zur Höhe der äussern oder untern Fläche dieses verkehrten Bogens aufführen, und erst nachdem dieser vollendet ist, wird die horizontale Steinschicht, welche den Bogen begrenzt, scharf schliessend dagegen gesetzt. Die hierauf ruhende Mauer wirkt alsdann in derselben Art, wie sonst das Widerlager.

Bei der in Fig. 262 dargestellten Canalschleuse liegt das aus Werkstücken aufgeführte Gewölbe, ohne Untermauerung, unmittelbar auf dem Thonschlag, und dieser ist zuvor nach der cylindrischen Form abgeglichen, so dass er den Lehrbogen bildet, auf dem man das Gewölbe aufmauert. Die Constructionsart ist bei kleinen Canalschleusen in England nicht ungewöhnlich, auch rechtfertigt sie sich bei mässigen Dimensionen der Schleusen, wenn der Untergrund aus einem festen und wasserdichten Klaiboden besteht. Dagegen ist es für grosse Schleusen und bei ungünstigem Baugrunde nothwendig, die künstliche Fundirung auch unter dem verkehrten Gewölbe fortzusetzen, wie Fig. 261 *d* zeigt. Unter demselben befindet sich in diesem Fall nicht nur ein 3 Fuss starkes Béton-Bette, sondern dieses ist auch in der Mitte $1\frac{1}{2}$ und an den Seiten 2 Fuss hoch übermauert. Bei den Schleusen des Marne-Rhein-Canals, die grossentheils auf festem Kiess gebaut sind, ist die Untermauerung aus Bruchsteinen in der Mitte des Kammerbodens 2 Fuss 4 Zoll stark. Das darauf ruhende Gewölbe besteht aus roh bearbeiteten Hausteinen von 11 Zoll Höhe. Letzteres lehnt sich gegen eine vor die Mauern vortretende Werksteinschicht. Fig. 271 zeigt den Querschnitt durch die Kammer dieser Schleuse mit der Ansicht des senkrechten Abfallbodens. Bei grössern Schleusen muss man dem massiven Kammerboden eine viel bedeutendere Stärke geben, die zuweilen 6 bis 7 Fuss beträgt.

Die bereits erwähnte Schleuse in Hull (Fig. 270), auf einem Pfahlrost fundirt, hat einen gewölbten Boden, der in der Mitte der Kammer unmittelbar auf dem Rost aufliegt. Das Gewölbe aus Ziegeln in Puzzolan-Mörtel ausgeführt, ist 2 Fuss 3 Zoll stark, und besteht, wie in England üblich, aus drei concentrischen Bogen. Der Rost dieser Schleuse ruht auf Pfählen, die in beiden Richtungen und zwar eben sowohl unter den Mauern, wie unter dem Kammerboden im Abstände von 5 Fuss von Mitte zu Mitte eingerammt sind. Rostschwellen, nach der Länge der Schleuse gestreckt,

verbinden die Pfähle reihenweise unter einander. Der Grund ist bis 1 Fuss tief unter diesen Schwellen ausgebaggert, und bis zur Oberfläche der Schwellen in Bruchsteinen und Mörtel ausgemauert. Die Grundbalken eben so, wie die Schwellen bestehn aus Kiefernholz. Sie sind 12 Zoll breit, aber nur 6 Zoll hoch und liegen so nahe neben einander, dass die lichten Zwischenräume nur 12 Zoll weit sind. Letztere sind mit Ziegeln sorgfältig ausgemauert, und in den Häuptern noch mit einer zusammenhängenden Lage getheerten Filzes überdeckt. Der Bohlenbelag, aus 6-zölligen Ellern-Bohlen bestehend trägt das Mauerwerk.

Wenn der Vorthail dieser verkehrten Gewölbe namentlich bei weiten Schleusen auch unbedingt anzuerkennen ist, sobald sie hinreichende Stärke und angemessne Pfeilhöhe haben, so darf man sich davon doch keinen Erfolg versprechen, wenn sie etwa nur einen halben Stein stark und dabei sehr flach sind. Letzteres ist bei Fluss- und Canal-Schleusen gewöhnlich der Fall, da die hier passirenden Schiffe nur ebene Böden haben und man zur Vermeidung tiefer Fundirungen die Schleusenböden an den Seiten nicht zu weit heben mag. Solche Wölbungen widerstehn nur wenig dem aufwärts gerichteten Druck, und da der Verband mit dem darunter befindlichen Mauerwerk fehlt, so ist es sogar zweifelhaft, ob man nicht den Boden verstärken würde, wenn man ihn statt der Gewölbe bis zur gleichen Höhe horizontal übermauerte. Dazu kommt noch, dass wegen des fehlenden Verbandes unter solchem Gewölbe leicht Wasseradern sich hindurchziehen, die während die Schleuse noch leer ist, stellenweise das Gewölbe heben. In zwei verschiedenen Fällen habe ich diese Erscheinung bemerkt. In einem derselben ergab sich beim Aufbrechen der schadhaften Stelle, dass das Bétonbette darunter ganz unversehrt und wasserdicht war, und das Wasser nur zwischen diesem und dem Gewölbe hinzudrang. Letzteres hatte also seinen Zweck verfehlt, und eine schwache Uebermauerung in horizontalen Schichten würde vortheilhafter gewesen sein.

Zuweilen, und selbst bei massiven Schleusen haben die Kammern nur hölzerne Böden. Dieselben werden jedoch sehr verschiedenartig construirt, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Bei der in Fig. 265 dargestellten Amerikanischen Schleuse im James River und Kanawha Canal ist ein liegender Rost ge-

wählt. Seine Anordnung erscheint insofern nicht zweckmässig, als zwei Spundwände darunter stehn, von denen man annehmen muss, dass sie fest eingerammt sind, und sonach für die darauf lastenden Theile ein Setzen verhindern, während der übrige Bau den natürlichen Boden wahrscheinlich etwas comprimirt. Die Schwellen des Rostes, aus Kiefernholz bestehend, und 12 Zoll im Gevierten stark, erstrecken sich durch die ganze Breite der Schleuse, und zwar bis unter die Kammermauern. Der lichte Zwischenraum zwischen den Schwellen beträgt 6 Zoll. Unter den Schlagschwellen liegen sie aber unmittelbar neben einander. Sie sind nur auf den natürlichen Boden gebettet, der deshalb vorher horizontal geebnet ist. Der Raum zwischen je zwei Schwellen ist mit Puddle, oder einem Gemenge von Thon und Steinschlag ausgefüllt. Darüber ist ein 2½ Zoll starker Bohlenbelag mit 9-zölligen eisernen Nägeln genagelt. Derselbe trägt die Kammermauern, während er im Kammerboden noch mit einem 2 Zoll starken Belag überdeckt ist, der wieder mit eben so langen Nägeln auf die Schwellen genagelt ist. Die Fugen der beiden Beläge überdecken sich gegenseitig, und die obern Bohlen sind möglichst scharf zusammengetrieben, und schliessen sich auch an die Mauern scharf an*).

Dieselbe Constructions-Art ist auch gegenwärtig in Amerika noch üblich. Nach der Länge der Schleuse werden selten einige Balken als Unterlage gestreckt, die Querschwellen reichen bis unter die Mauern und darauf liegt der 2 Zoll starke dicht schliessende Bohlenbelag. Zwischen den Mauern wird derselbe noch von einem zweiten eben so starken Bohlenbelage überdeckt, dessen Fugen jedoch nicht auf die des untern treffen. Um das Durchquellen des Wassers unter dem Rost zu verhindern, sichert man denselben durch zwei bis drei Querspundwände, gegen welche zäher Thon gestampft wird. Dieses geschieht fast überall, wo nicht ein dichter Felsboden unmittelbar den Schleusenboden bildet**).

Eigenthümlich ist die am Long-Sault Canal angewendete Construction des Schleusenbodens. Dieser Canal wird von den grossen

*) *Reports, specifications and estimates of public works in the United States of America. London 1841. pag. 135.*

**) *Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amérique. Paris 1873. pag. 337.*

Dampfschiffen benutzt, welche den St. Lorenz-Strom befahren, indem er die Wasserfälle des Letztern unterhalb des Erie-Sees umgeht. Die Schleusen sind 55 Fuss Rheinländisch weit. Da jedoch diese Weite in der Nähe des Kammerbodens nicht erforderlich war, so sind die Kammermauern im untern Theile so stark geböscht, dass der Boden nur auf 41 Fuss frei liegt. Auch hier hat man den liegenden Rost angewendet. Die Rostbalken sind aber nicht durch die ganze Breite der Schleuse gelegt, sondern aus je vier Stücken zusammengesetzt. Die beiden äussern Stücke liegen horizontal unter den Mauern, von diesen ausgehend senken sich aber die innern Balken in der Mittellinie der Schleuse 3 Fuss tief und stemmen hier gegen einander, um dem von unten wirkenden Wasserdruck den nöthigen Widerstand leisten zu können. Diese auf solche Art zusammengesetzten Balken liegen 2 Fuss weit auseinander und bestehn aus hochkantig verlegten Halbhölzern. Sie ruhn auf fünf Langschwellen, von denen drei die betreffenden Stösse tragen, zwei aber die schrägen Stücke in der Mitte unterstützen. Um die Spannung möglichst zu verstärken, sind eichene Keile in die Stösse getrieben. Die Rostbalken tragen den doppelten Bohlenbelag, derselbe bildet also eine flach dossirte Rinne. Diese ist aber wieder mit einem festen Thonschlag ausgefüllt, der sich bis zur Oberfläche einer zweiten Balkenlage erhebt, die horizontal von einer Mauer bis zur andern reicht. In den Häuptern der Schleuse und namentlich in den Thorkammern, die 60 Fuss weit sind, ist eine ähnliche jedoch noch complicirtere Construction gewählt*).

Die bei uns übliche Construction der hölzernen Schleusenböden zeigt Fig. 268 auf Taf. XXXVIII. Der Pfahlrost trägt die beiderseitigen Mauern und bildet dazwischen den Kammerboden. Die Pfähle stehn sowol nach der Länge, wie nach der Breite der Schleuse in geraden Reihen. Die Entfernung der Quer-Reihen von einander beträgt gewöhnlich 4 Fuss von Mitte zu Mitte, dier Längensreihen ist dagegen unter dem Kammerboden grösser, als unter den Mauern. Das Gewicht und die Breite der Mauern bedingt diese Entfernung, während die Reihen unter dem Boden etwa 5 Fuss von Mitte zu Mitte abstehn. Spundwände pflegt man in neuerer Zeit unter

*) *Michel Chevalier histoire et description des voies de communication aux États Unis. Vol. II. pag. 300.*

den Kammern nicht anzubringen, während früher der Rost der Mauern auf der innern Seite, also gegen den Kammerboden durch Spundwände eingeschlossen wurde. Die schwachen Spundwände auf den äussern Seiten der Wände dienen vorzugsweise nur zur Mässigung des Quellwassers während des Baues. Die Pfähle unter den Mauern werden durch Rostschwellen mit einander verbunden, die also wie gewöhnlich in der Richtung der Mauer liegen. Die Zangen des Rostes sind zugleich die Grundbalken des Kammerbodens. Sie überschneiden die Rostschwellen so tief, dass sie nur um die Stärke der Rostbohlen darüber vorragen, und sind unter dem Kammerboden auf alle Pfähle aufgezapft. Die Pfähle sind zu diesem Zweck mit starken Zapfen versehen, die durch die Grundbalken hindurch reichen. Nachdem letztere aufgebracht sind, wird jeder Zapfen durch zwei von oben eingeschlagene sich kreuzende Holzkeile aufgespalten und in beiden Richtungen fest angetrieben, so dass ein Abheben des Grundbalkens nicht erfolgen kann. Man pflegt auch wohl das Zapfenloch an der obern Seite etwas zu erweitern, damit die Zapfen beim Auseinandertreiben die pyramidale Gestalt annehmen, und die Grundbalken um so sicherer halten. Zuweilen werden die Pfähle auch so versetzt, dass sie abwechselnd auf der einen und der andern Seite der Grundbalken etwas vortreten. Die Balken werden alsdann von Blattzapfen eingeschlossen und mit diesen durch Bolzen verbunden. Es ist nicht in Abrede zu stellen, dass unter einem undichten Schleusenboden, wo also ein Durchquellen des Wassers bald in der einen und bald in der andern Richtung besorgt werden muss, die aufgespaltenen und umgebogenen, also schon stark beschädigten Zapfen wenig Haltbarkeit für die Dauer versprechen, woher die Blattzapfen wohl den Vorzug verdienen.

Zwischen den Pfählen heht man etwa 2 Fuss tief den Grund aus, und bringt statt dessen einen festen Thonschlag ein, der sowohl unter den Mauern, als unter dem Kammerboden bis zur untern Fläche des Bohlenbelags fortgesetzt, und hier horizontal ausgeglichen wird. Der Bohlenbelag unter den Mauern, der also den Belag des Rostes bildet, liegt indessen tiefer, als derjenige der den Kammerboden bedeckt. Jener wird nämlich zwischen die Zangen oder Grundbalken gelegt und bildet mit den obern Flächen derselben eine Ebne, dieser dagegen liegt auf den Grundbalken, wie

die Figur zeigt. Derselbe besteht gewöhnlich aus 4-zölligen Bohlen, die entweder stumpf oder auch wol mit halber Spundung zusammenstossen, deren Dichtung aber, wie bereits erwähnt, absichtlich unterlassen wird. Dass die Stösse immer in die Mitte der Grundbalken, jedoch nicht in zu grosser Anzahl auf denselben Grundbalken treffen müssen, bedarf kaum der Erwähnung, es gilt aber auch hier die bei Gelegenheit der hölzernen Wehre gegebene Regel, die Stösse nicht einzeln, sondern gruppenweise abwechseln zu lassen, damit man nicht gezwungen ist, allen Bohlen eine gleiche Breite zu geben. Die Bohlen werden neben den Stössen mit eisernen, auf den zwischen liegenden Balken aber mit hölzernen Nägeln befestigt. Zuweilen steckt man in jeden hölzernen Nagel und zwar in das untere Ende desselben noch einen hölzernen Keil, der, sobald er den Boden des Bohrlochs berührt, den Nagel spaltet und dessen beide Hälften festklemmt, während er tiefer in den Nagel eindringt. Eine solche künstliche Verbindung, die leicht missglückt und in diesem Falle sogar nachtheilig wirkt, die aber, nachdem sie ausgeführt worden, nicht untersucht werden kann, ist um so bedenklicher, wenn sie sich vielfach wiederholt und daher den gewöhnlichen Zimmerleuten anvertraut werden muss. Vortheilhafter ist es ohne Zweifel, den festen Schluss auf andre Art herbeizuführen, und hierzu bietet sich in der Benutzung des künstlich getrockneten Holzes ein einfaches und sicheres Mittel. Die Nägel werden nämlich aus solchem Holze ausgeschnitten, und bis zur Verwendung in trocknen Räumen aufbewahrt. Ob die Nägel und die Bohrer, womit die Nagellöcher gebohrt werden, die angemessene Stärke haben, ist leicht zu prüfen, der Nagel muss aber, wenn er noch trocken ist, schon so fest schliessen, dass er nur mittelst starker Schläge eingetrieben werden kann. Wenn er alsdann die Feuchtigkeit der Grundes anzieht, und beim Quellen sich ausdehnt, so schliesst er so fest, dass ein späteres Ausziehen desselben nicht besorgt werden kann.

In den Niederlanden bemüht man sich stets die hölzernen Kammerböden möglichst wasserdicht zu machen, zugleich aber auch sie gegen den aufwärts gerichteten Druck des darunter befindlichen Wassers zu sichern.

Das Gewicht der auf demselben Boden ruhenden Kammermauern ist namentlich bei weiten Schleusen für diesen Zweck nicht

genügend, und man muss daher, wie auch bei uns geschieht, hierzu die Pfähle mit benutzen. Diese stellt man deshalb unter dem Boden eben so nahe an einander, wie die Rostpfähle unter den Mauern. Dieses rechtfertigt sich dadurch, dass mit der Höhe und dem Gewicht der Mauern auch die Breite des Bodens, und zugleich der Druck, dem derselbe möglicher Weise ausgesetzt ist, zuzunehmen pflegt. Selbst bei den Schleusen im Nordholländischen Canal, wo die Mauern ungefähr 28 Fuss hoch sind, stehn die Rostpfähle unter diesen eben so weit von einander entfernt, wie die Grundpfähle unter dem Kammerboden, nämlich in beiden Richtungen 3 Fuss von Mitte zu Mitte. Ausserdem sichert man die Pfähle unter dem Kammerboden gegen das Heben häufig noch dadurch, dass man sie, wenn sie aus Rundholz bestehn, verkehrt, also mit dem Stammende nach unten einrammt (Theil I §. 37).

Die Pfähle der einzelnen Reihen werden jederzeit durch Schwellen (Kaspen) verbunden, die normal gegen die Achse der Schleuse gerichtet sind und gewöhnlich etwa noch einen Fuss weit vor die äussere Fläche der Kammermauern vortreten. Die Pfähle sind in der Mittellinie jeder Schwelle mit möglichst breiten und $2\frac{1}{2}$ Zoll starken Zapfen versehen, die bis über die Oberfläche der Schwellen reichen. Die Zapfenlöcher erweitern sich keilförmig nach oben, und nachdem die Schwellen verlegt sind, werden in jeden Zapfen zwei Keile eingetrieben (Fig. 272). Dieses Verfahren stimmt sonach mit dem bei uns üblichen nahe überein, es rechtfertigt sich auch in diesem Falle, insofern unter dem wasserdichten Boden die gespaltenen Zapfen nicht vom fliessenden Wasser berührt werden. Wenn die Länge der Balken, die man zu diesen Schwellen benutzt, nicht ausreicht, so werden die Stösse durch lange sich überdeckende Blätter gebildet, wie gleichfalls Fig. 272 zeigt. Jedes Blatt trifft in der Mitte auf einen Pfahl, dessen Zapfen also die Verbindung beider Blätter darstellt. Ausserdem werden jedoch mehrere hölzerne Nägel oder auch wohl gehakte (mit Widerhaken versehene) eiserne Bolzen zur vollständign Verbindung benutzt. Soviel geschehn kann, legt man diese Stösse unter die Mauern, und sorgt dass sie möglichst abwechseln.

Bei grössern Schleusen und beinahe jedesmal wenn die Kammern massive Mauern haben, lsgt man über die erwähnten Schwellen oder Grundbalken noch Langschwellen (Sandstraken), die also

die Stelle der Zangen vertreten. Dieselben fehlen unter den Mauern niemals, wenn sie auch bei kleinen Schleusen im Kammerboden nicht vorkommen. In den Ueberkreuzungen sind sie nur wenig eingeschnitten, und ragen daher über den Bohlenbelag, der unmittelbar auf den Querschwellen angebracht ist, etwa 4 Zoll vor. Sie verhindern sonach das Durchdringen einzelner Wasseradern durch die Fuge zwischen dem Mauerwerk und dem Rost, wenigstens wird die Bildung solcher Adern durch sie sehr erschwert, weil jede Schwelle die Ader unterbricht. Ausserdem geht man in Holland auch von der Ansicht aus, dass die vortretenden Schwellen eine mögliche Verschiebung der Mauer in Folge des Erddrucks verhüten sollen.

Die Langschwellen müssen, wenn sie unter dem Kammerboden angebracht sind und den Bohlenbelag tragen, ebenso wie die Querswellen in innige Verbindung mit den Pfählen gesetzt werden. Zu diesem Zweck wendet man verschiedene Mittel an. Wenn die Besorgniss des Abhebens nicht besonders gross ist, verbindet man die beiden Schwelllagen nur durch lange und starke eiserne Bolzen, die mit Widerhaken versehen sind, zuweilen begnügt man sich sogar mit hölzernen Nägeln, die jedoch etwas schräge und zwar zwei in jeder Durchkreuzung eingetrieben werden. In Fällen, die mehr Vorsicht erfordern, stellt man die Pfähle in den einzelnen Reihen weiter auseinander und bringt dafür noch Zwischenreihen von Pfählen an. Man streckt alsdann die Schwellen nur über jede zweite Pfahlreihe, und diejenigen Pfähle, welche auf diese Art nicht getroffen werden, dienen zum Befestigen der Langschwellen. Fig. 275 zeigt diese Anordnung.

Bei den Schleusen des Nordholländischen Canals wurden die Quer- und Langschwellen so verlegt, dass jede Durchkreuzung derselben auf einen Pfahl traf. Die Pfähle wurden mit Zapfen von quadratischem Querschnitt und zwar in jeder Seite 3 Zoll breit versehen. Die Länge derselben betrug nahe 2 Fuss, sie reichten daher durch beide Schwelllagen hindurch und wurden, nachdem diese aufgebracht waren, jedesmal durch einen Keil auseinander getrieben, so dass sie die am obern Ende etwas erweiterten Zapfenlöcher der obern Lage vollständig füllten.

Bis zur Höhe derjenigen Schwellen, welche den ersten Bohlenbelag tragen, wird der Raum jedesmal mit einem sorgfältig ange-

stampften Thonschlage ausgefüllt. Hierüber nagelt man den ersten Belag aus 3- bis 4-zölligen Bohlen bestehend, und zwar wird derselbe wasserdicht aufgebracht. Zu diesem Zweck werden die gesäumten Bohlen vor dem Annageln recht scharf gegen einander getrieben, und damit sie genau schliessen, pflegt man sie an den Seiten etwas zu schmiegen, so dass sie sich nur mit den untern Rändern berühren, wie Fig. 273 zeigt. Den dichten Schluss giebt man den Bohlen, indem man vor jeder einzelnen derselben eiserne Klammern in den Schwellen einschlägt und durch vorgetriebene Keile sie scharf gegen die bereits festgenagelte Bohle treibt. Fig. 273 deutet diese Vorkehrung an. Alsdann erfolgt das Nageln und zwar theils mit eisernen und theils mit hölzernen Nägeln.

Die aufwärts etwas $\frac{1}{8}$ Zoll geöffneten Fugen werden in gleicher Weise gedichtet, wie die äussere Bohlenverkleidung der Schiffe. Mit einem breiten stumpfen Eisen treibt man lockere Zöpfe von Werg*) möglichst fest hinein, und zwar so tief, dass die Fugen noch etwa $\frac{1}{8}$ Zoll hoch frei bleiben. Dieser übrigbleibende Raum wird alsdann mit heissem Pech ausgegossen, und nach dem Erhärten wird letzterer, soweit er über den Bohlenbelag vorsteht, abgekratzt. Man nennt diese ganze Operation kalfatern. Kommen in einzelnen Planken Windrisse oder andre undichte Stellen vor, so werden diese in derselben Art, wie die Fugen behandelt.

Man begnügt sich indessen nicht damit, die Fugen in dieser Weise zu dichten, vielmehr begegnet man auch noch der Bildung von Wasseradern nach der Längenrichtung der Fugen dadurch, dass man hin und wieder, wie Fig. 273 b zeigt, hölzerne Nägel hineintreibt, und zwar geschieht dieses unmittelbar nach dem Aufnageln der Bohlen, also vor dem Kalfatern.

Auf den Bohlenbelag werden in den meisten Fällen noch Streckbalken (Schwalpen) gelegt und zwar jedesmal in der Art, dass sie genau über diejenigen Schwellen treffen, welche den Belag tragen, wie Fig. 267 und 269 zeigen. Auch diese Balkenlage muss mit den Pfählen verbunden werden, damit sie nicht durch den Wasserdruck abgehoben wird. Eine unmittelbare Verbindung mit den Pfählen ist hierbei nicht mehr ausführbar, und die Balken wer-

*) Werg nennt man die lockere Masse, welche man durch das Aufdrehen und Auseinanderziehen alter Taue gewinnt.

den daher an die erwähnten nächsten Schwellen, die deshalb genau darunter liegen müssen, verdübelt oder verbolzt. Fig. 274 zeigt diejenigen Verbindungsarten, die am meisten üblich sind, nämlich den gehakten Bolzen, den man nur durch den obern Balken in den untern treibt, der keiner Erklärung bedarf. Ferner den schwalbenschwanzförmigen Dübel aus Eichenholz, das Schlüsselstück genannt. Dasselbe würde nicht einzusetzen sein, wenn man es nicht der Breite nach zerschnitten hätte. Die beiden Theile werden einer nach dem andern eingeschoben, und hierauf durch einen wenig zugeschärften genau passenden Keil auseinander getrieben, wodurch sie eine sichere Verbindung darstellen sollen. Endlich eiserne Schraubenbolzen. Bei den Schleusen am Nordholländischen Canal hatte man letztere gewählt. Sie wurden vor dem Verlegen der Langschwellen in dieselben schon eingeschoben, und der viereckige Kopf war in die untere Fläche des Holzes versenkt, um das Drehn des Bolzens beim spätern Anziehn der Schraubenmutter zu verhindern.

Die Felder zwischen den obern Balken werden demnächst sorgfältig mit Klinkern in Trassmörtel ausgemauert. Die Kammermauern setzen sich unmittelbar darüber fort, der Kammerboden erhält aber noch einen zweiten Bohlenbelag, der gleichfalls kalfatert und auf dieselbe Art auch in den äussern Fugen, die sich neben den Mauern bilden, gedichtet wird. Manche ältere Schleusen in Holland, deren Lage für besonders gefährlich erachtet wurde, sind über dem beschriebnen doppelten Boden nochmals mit einer ausgemauerten Balkenlage und einem dritten gedichteten Bohlenboden versehen.

Schliesslich wäre noch in Betreff der Schleusenkammern zu bemerken, dass dieselben in manchen Fällen gar nicht ausgebaut, vielmehr nur, wie der Canal selbst, durch Erdböschungen eingeschlossen sind und die gewöhnliche Canalsohle zum Boden haben. Die Schleuse besteht alsdann nur aus den beiden Häuptern. Dass eine solche Anordnung in Betreff der grössern Wasserconsumtion und wegen des grössern Zeitaufwandes beim Füllen und Entleeren der Kammern nachtheilig ist, bedarf kaum der Erwähnung, auch ist das Abstürzen der Dossirungen, veranlasst durch den häufigen Wechsel des Wasserstandes, dabei nicht zu vermeiden.

§. 65.

Die Schleusenhäupter.

Die Schleusenhäupter, worin die beweglichen Stauvorrichtungen, nämlich die Thore sich befinden, müssen nicht nur hinreichende Festigkeit haben, um dem Druck des Oberwassers sicher zu widerstehn, sondern sind auch möglichst wasserdicht auszuführen, damit nicht etwa zur Seite, oder unter ihnen Quellen sich hindurchziehen, die, abgesehen von dem Wasserverlust, den ganzen Bau gefährden könnten. Diese Vorsicht ist eben sowohl beim Unterhaupt, wie beim Oberhaupt nothwendig, weil beide beim Durchgang der Schiffe abwechselnd das Oberwasser begrenzen. Wenn die Schifffahrt zur Zeit der höchsten Anschwellungen unterbrochen ist, so werden, wie bereits erwähnt, nur die Oberhäupter so hoch herauf geführt, dass sie die Durchströmung der Schleuse und des Schleusen-Canals verhindern, während die Unterhäupter nur dem Stande des höchsten schiffbaren Oberwassers entsprechen. Bei hohen Anschwellungen pflegt man den Wasserdruck möglichst gleichmässig auf beide Häupter zu vertheilen, um keines der beiden Thorpaare zu sehr zu belasten. Da indessen das Unterwasser gewöhnlich höher anschwillt, als das Oberwasser, so vermindert sich häufig bei steigendem Wasser der Druck gegen die Thore.

Die Häupter haben eben sowohl, wie die Schleusen-Kammern, theils massive und theils hölzerne Böden und Wände. Es geschieht auch häufig, dass man ihren Boden aus Holz construirt und massive Mauern darauf stellt, wogegen der massive Boden nicht selten auf einem Pfahlrost ruht, dessen Anordnung der Einrichtung des hölzernen Bodens entspricht. Hiernach scheint es am angemessensten, mit der Beschreibung der Holz-Construction den Anfang zu machen.

Von der sehr einfachen und leichten Anordnung der Amerikanischen Schleusen ist bereits die Rede gewesen. Der einzige Unterschied der Böden in den Häuptern gegen den Kammerboden besteht bei den Schleusen im Kanawha-Canal und am James-River, wie Fig. 265 Taf. XXXVII zeigt, darin, dass unter den Schlag-

schwollen oder den Drempeeln die Rostschwellen unmittelbar neben einander liegen und sich gegen eine Spundwand lehnen. Die beiden Schlagschwellen, so wie der Binder in denselben sind nur durch starke eiserne Bolzen auf die Rostschwellen genagelt. Die für diesen Bau gestellten Contracts-Bedingungen verlangen keine weitere Vorsicht bei Aufbringung der Schlagschwellen, als sorgfältige Bearbeitung und scharfen Schluss gegen die Mauern.

Bei den Englischen Schleusen werden die hölzernen Drempeel, wo solche vorkommen, gleichfalls nur mit starken Bolzen befestigt. Als Beispiel dieser Anordnung mag wieder die Schleuse im neuen Hafen zu Kingston-upon-Hull dienen *), von der bereits die Rede war. Diese Schleuse dient zur Verbindung des Junction-Dock mit dem Humber-Dock und ist so angeordnet, dass die Schiffe hindurchgehen können, wenn der Wasserstand im ersten Dock niedriger, als im zweiten ist.

Die hier gewählte Construction der Thorkammerböden mit Einschluss der Drempeel verdient besondere Erwähnung. Die Pfahlreihen sind in gleicher Art, wie in der Schleusenkammer angeordnet, sie erstrecken sich nach der Länge der Schleuse, und sind 5 Fuss von Mitte zu Mitte von einander entfernt. Die einzelnen Pfähle stehn sich in diesen Reihen aber viel näher, indem ihr Abstand von Mitte zu Mitte nur 2 Fuss beträgt. Vor und hinter jeder Thorkammer befindet sich eine Spundwand, ausserdem ist eine solche auch noch in der Mitte jeder Kammer angebracht. Diese Querspundwände jedes Hauptes reichen über die Holme oder Rostschwellen herauf bis zur Oberfläche der darauf liegenden Querbalken. Letztere liegen dicht geschlossen neben einander, und lehnen sich an die Spundwände. Der ganze Rost besteht aus Kiefernholz, welches aus Memel bezogen war. Man hatte beabsichtigt, Balken aus Ellernholz dazu zu verwenden, weil dieses beim Eintreiben der Bolzen weniger spaltet, auch letztere fester darin haften, man konnte jedoch das Ellernholz nicht in den erforderlichen Dimensionen erhalten, und musste sich daher zur Benutzung des Kiefernholzes entschliessen. Diese Balken hielten, nachdem sie sorgfältig bearbeitet waren, 12 Zoll Englisches Mass im Gevierten, und waren 56 Fuss lang, indem sie unter die beiderseitigen Mauern und sogar noch

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers.* Vol. I. pag. 35.

darüber hinausreichten. Man verlegte sie, nachdem der Grund einige Fuss tief zwischen den Pfählen und Rostschwellen ausgemauert war, so, dass zuletzt in der Mitte zwischen je zwei Spundwänden der Raum für einen Balken frei blieb. Diesen verjüngte man etwas nach unten, so dass er im Querschnitt eine keilförmige Gestalt erhielt, und trieb ihn mit der Ramme ein, um die ganze Balkenlage scharf zusammenzudrängen und wasserdicht zu machen. Hierauf wurden die Balken einzeln mit eisernen Bolzen, die mit Widerhaken versehen waren, gegen die Rostschwellen genagelt. Es wird aber noch erwähnt, dass letztere vorher mit besondrer Vorsicht mit den Pfählen verbunden waren. Nachdem nunmehr die Oberfläche vollständig geebnet und namentlich die Spundwände in gleicher Höhe abgeschnitten waren, überdeckte man die ganze Fläche mit getheertem Filz und brachte darüber einen Belag von sorgfältig gefugten und scharf zusammengetriebenen 6-zölligen Ellern - Bohlen auf.

Die Schlagschwellen dieser Schleuse, welche Fig. 309 c auf Taf. XLIV in der Ansicht von oben zeigt, sind, wie in England üblich, gekrümmt, indem die Thore cylindrische Flächen bilden. Die Schwellen bestehn aus Amerikanischem Eichenholz von 18 Zoll im Gevierten, der Mittelbalken, der quer durch die Schleuse von einer Wendenische, bis zu der gegenüberstehenden reicht, ist aber nur 12 Zoll hoch und breit, und die sieben Binder sind an der hintern Seite niedriger gehalten, damit sie sich sowohl an die Schlagschwellen, als an den Mittelbalken anschliessen. Die erwähnten Verbandstücke sind ausser der Verzapfung auch in der obern, wie in der untern Fläche durch eingelassne eiserne Bänder mit einander verbunden, und sind $1\frac{1}{2}$ Zoll tief in den Bohlenbelag versenkt, um einen wasserdichten Schluss mit demselben darzustellen. Mit langen gehakten Bolzen werden sie nicht nur mit den Querbalken, sondern auch mit den Rostschwellen verbunden. Ausserdem dienen zu ihrer Verbindung mit diesen noch gewisse Dübel aus Eichenholz. Die Felder zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken sind ausgemauert, und mit Bohlen überdeckt.

Eine besondere Vorsicht musste noch zur Schonung der Schlagschwellen angewandt werden, damit dieselben beim Durchgehn der Schiffe nicht beschädigt würden. Diese Gefahr ist in den Dockschleusen sehr bedeutend, indem theils die meisten Schiffe mit

Kupfer bekleidet sind, theils aber auch der Wasserstand während des Durchganges eines Schiffes sich leicht senkt, das Schiff aber, wenn es auch schon die Schwellen berührt, doch hindurch gewunden werden muss, indem die Schleuse nicht geöffnet bleiben darf. Aus diesem Grunde sind zur Sicherung der Schwellen 12 Fuss lange und 5 Zoll starke gusseiserne Platten in der Mitte aufgenagelt, und ausserdem liegt in jedem Eingange der Schleuse ein 18 Zoll hoher eichener Balken, dessen Höhe also mit der der Schwellen übereinstimmt, und der das Einlaufen von Schiffen, die zu tief gehn, verhindert.

Bei den Schleusen auf den Englischen Canälen ist der Boden und selbst der Drempel überaus einfach angeordnet. In vielen Fällen sind beide massiv, von diesen ist hier nicht die Rede. Wenn aber der Holzbau gewählt wird, so pflegt unter dem Mittelbalken eine Spundwand zu stehn, während häufig die Grundbalken nicht auf Pfählen ruhn, also nur Schwellen eines liegenden Rostes sind. Der Bohlenbelag schliesst sich von beiden Seiten an die obere Fläche des Mittelbalkens an, indem er in Falze eingreift, und die Schwellen, welche den Anschlag der Thore bilden, sind mit Bolzen darauf genagelt.

Ist die Schleuse nur etwa 10 Fuss weit, oder noch enger, so genügt ein einzelnes Thor, und der Mittelbalken ist alsdann zugleich Schlagschwelle. Bei etwas weitem Schleusen werden zwar Stemmthore angewandt, deren Schlagschwellen aber nur, wie Fig. 292 auf Taf. XLI zeigt, auf den Fachbaum über der Spundwand, oder auf einen andern Querbalken aufgenagelt werden.

In den Niederlanden, wo hölzerne Schleusenböden fast ausschliesslich vorkommen, ist man überaus sorgsam, dieselben in den Häuptern recht fest zu verbinden, und zugleich so wasserdicht als möglich zu machen. Die Schlagschwellen liegen auch hier gemeinhin nur auf dem Boden auf, ohne in unmittelbarer Verbindung mit den Spundwänden zu stehn.

Die Anzahl der Spundwände beschränkt sich dabei gewöhnlich auf vier, und zwar sind sie sämmtlich nach der Quere gerichtet. An jedem Ende der Schleuse befindet sich eine, und eine unter jedem Drempel, d. h. unter dem Mittelbalken, der die Schlagschwellen unterstützt. Unter den Schlagschwellen selbst, sowie unter den

Thornischen, dem Abfallboden u. s. w. kommen keine Spundwände vor.

In grossen Schleusen, die namentlich die hohen Fluthen der See abhalten, bringt man ausserdem auch unter den äussern Dammfalzen d. h. an den Stellen, wo bei Reparaturen die Dammbalken eingelegt werden, noch Spundwände an. Gewöhnlich wird aber das Durchquellen des Wassers unter dem Rost, noch durch zwei Heerdmauern verhindert, die etwa 5 Fuss tiefer gegründet, und oft auf beiden Seiten durch leichte Spundwände eingeschlossen sind. Sie liegen unter beiden Eingängen der Schleusen. Fig. 277 *b* auf Taf. XXXIX zeigt eine solche, die auf dem Bohlenbelage eines besondern Pfahlrostes ruht.

Die Spundwände sind selten über 6 Zoll stark, und werden immer zwischen festen Zwingen eingerammt, indem die unmittelbar daneben liegenden Grundbalken schon vorher aufgebracht, und so verlegt sind, dass sie zwischen sich einen Raum frei lassen, der mit der Stärke der Spundwand übereinstimmt. Die Spundwände erstrecken sich über die Breite der Schleuse hinaus und treten auf jeder Seite noch 5 bis 10 Fuss weiter vor, um auch hier die Bildung von Wasseradern zu verhindern, jenseits der Mauern sind sie aber nicht mit Fachbäumen versehen, erheben sich jedoch nahe bis zur Terrain-Höhe. Die Spundpfähle sind hier durch Zangen verbunden, die nicht weit vom obern Ende zu beiden Seiten aufgebolzt, oder auch nur von einer Seite aufgenagelt sind.

In dem Schleusenhaupte selbst schneidet man die Spundwand gemeinhin so hoch ab, dass sie etwa 1 Zoll über den untern Bohlenboden vorragt. In diesem Fall unterbricht sie den letztern, dagegen laufen die Langschwellen, deren schon bei Beschreibung des Kammerbodens erwähnt ist, gewöhnlich über den Spundwänden, sowie auch unter den Drempeeln ohne Unterbrechung fort. Sie sind an den Seiten eingeschnitten, so dass ihre Breite beim Kreuzen der Spundwände sich um einige Zolle vermindert, auch sind sie unten mit Falzen versehen, in welchen die Spundwand eingreift. Der Mittelbalken ist auf sie aufgekämmt. Fig. 276 *a* und *d* zeigt diese Anordnung, und man ersieht daraus, dass keine Wasserader sich zur Seite der Langschwelle ohne Unterbrechung hinziehen kann. Nachdem der Bohlenboden aufgebracht und auch gegen die Spundwand gehörig abgedichtet ist, wird der vortretende Theil der Spundwand

getheert, mit Moos überdeckt und in einen Falz auf der untern Seite des Mittelbalkens eingelassen.

Diese Constructionsart ist die gewöhnlichste, man weicht jedoch zuweilen davon ab, indem man entweder den Mittelbalken vollständig als Fachbaum behandelt, und die Spundwand in ihn eingreifen lässt, oder indem man andererseits eine solche Verbindung ganz umgeht, und der untre Bohlenbelag im Zusammenhange über die Spundwand fortgeführt wird. Im ersten Falle werden auch die Langschwellen durchschnitten, und indem sie von beiden Seiten stumpf gegen die Spundwand stossen, wird der Längenverband des Bodens unterbrochen. Die Langschwellen werden alsdann auch unter dem Mittelbalken ausgeschnitten, so dass sie in der Flucht des Bohlenbodens liegen.

Die bei grossen Schleusen übliche Anordnung zeigt Fig. 277 *a* und *b*. Die Spundwand wird nämlich etwa 1 Zoll hoch über der Flucht der Grundbalken abgeschnitten, getheert und nachdem sie mit Moos überdeckt ist, in den genau passenden Falz des Bohlenbodens eingelassen. Um diesen Bohlenboden mit dem Mittelbalken in wasserdichte Verbindung zu setzen, schneidet man in den erstern auch auf der obern Seite einen Falz ein, und dasselbe geschieht auf der untern Seite des Mittelbalkens. In diese beiden Falze verlegt man alsdann eine sorgfältig bearbeitete, getheerte und durch Moos oder Löschpapier überdeckte hölzerne Feder.

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass der Mittelbalken jedesmal aus einem sehr starken Holz bestehn muss, indem er über dem Oberboden noch bis zur Höhe der Schlagschwellen heraufreicht. Er ist so lang, dass er 2 bis 3 Fuss von jeder Seite in die Schleusenmauern eingreift, an den Enden ist er ausgefalzt (Fig. 276 *b* und 277 *a*) und umfasst hier entweder einen etwas höheren Spundpfahl, oder wenn die Spundwand nicht über den untern Boden vortritt, so ist der Einschnitt am Ende des Mittelbalkens sorgfältig und in gehörigem Verbande ausgemauert. Ausserdem pflegt man, um das Durchdringen des Wassers neben dem Mittelbalken möglichst zu verhindern, denselben noch einen halben Zoll tief in den Bohlenboden einzulassen, und getheertes Papier dazwischen zu legen. Nur in dem Fall, wenn der Bohlenboden auf der untern Seite schon zur Aufnahme der Spundwand mit einem Falz versehen ist, muss der Mittelbalken stumpf aufgelegt werden,

weil die Bohlen sonst zu sehr geschwächt würden. Dafs übrigens die schon bei Gelegenheit des Kammerbodens beschriebnen Vorsichtsmaafsregeln hier vollständig wieder in Anwendung kommen, um die möglichste Wasserdichtigkeit darzustellen, und namentlich um die Bildung von Wasseradern in den Fugen der Bohlen zu verhindern, darf kaum erwähnt werden.

Der Mittelbalken wird durch scharf eingetriebne Bolzen von 1 Zoll Stärke, die mit Widerhaken versehen sind, gegen die Grundbalken genagelt, und um diese Befestigung noch mehr zu sichern, wählt man nicht Kiefern-, sondern Eichenholz zu denjenigen Grundbalken, welche unter dem Mittelbalken oder unter den Schlagschwellen liegen.

Was die Schlagschwellen betrifft, so sind dieselben entweder eben so hoch, wie der Mittelbalken und ruhn alsdann gleich jenem auf dem untern Bohlenboden, oder sie haben eine geringere Höhe und liegen auf dem obern Boden. Beide Schlagschwellen bilden jedesmal mit der vordern Kante des Mittelbalkens ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Höhe meist dem sechsten Theil der Basis gleich ist. Die Thore schlagen gegen die äufsern Flächen der Schlagschwellen, und man verlängert diese, wie Fig. 278 zeigt, so weit, dafs die aus der Drehungsachse des Thors gezogene Normale das Ende der Schlagschwelle trifft. Die Schwellen sind durch Versatzung und durch zwei Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Diese Zapfen sind aber doppelt, oder es liegen jedesmal zwei derselben über einander, wenn die Schlagschwellen eben so hoch, als der Mittelbalken sind.

An der Spitze des erwähnten Dreiecks sind die Schwellen überblattet (Fig. 279), so dafs der Stofs weder in der obern, noch in der untern Ansicht in die Mittellinie fällt. Der Zweck dieser Anordnung ist, das Absplittern zu vermeiden, welches leicht eintreten könnte, wenn man die Stossfuge in die Kante auslaufen liesse, und das Holz unter einem spitzen Winkel abgeschnitten würde.

Zur Unterstützung der Schlagschwellen gegen den Druck der Thore dient der Binder, der in der Mittellinie der Schleuse liegt. Er ist nach Maafsgabe seiner Höhe mit einfachen oder doppelten Zapfen mit dem Mittelbalken und den Schlagschwellen verbunden. Wenn die Thore sehr lang sind, und sonach ein Einbiegen der Schlagschwellen besorgt werden könnte, wird jede derselben noch

durch einen, auch wohl durch zwei Binder in gleicher Weise gegen den Mittelbalken gestützt.

Es ergibt sich aus der beschriebnen Anordnung, daß weder auf den Schlagschwellen, noch auf dem Mittelbalken der erforderliche Raum zur Befestigung der Pfannen für die Achsen der Thore vorhanden ist. Zu diesem Zweck wird daher bei den Niederländischen Schleusen jedesmal noch ein besonderes Verbandstück, die Komplatte oder der Pfannenträger genannt, angebracht, welches sich entweder in der Längenrichtung der Schleuse, oder doch nur wenig davon abweichend bis zum zweiten Grundbalken erstreckt. Die Figuren 276. *b* und 277. *a* zeigen dieselben, und sie sind jedesmal durch einen weit eingreifenden schwalbenschwanzförmigen Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Dieser Zapfen liegt aber so tief, daß er von unten in den Mittelbalken eingesetzt werden muß, bevor dieser aufgebracht wird, und hierdurch wird es möglich, die Verzapfung der Schlagschwellen gegen den Grundbalken, die jedesmal an derselben Stelle dargestellt werden muß, nicht wesentlich zu schwächen.

Die Zusammensetzung des Drempels, wenn alle Theile desselben auf dem untern Bohlenboden aufliegen, ergibt sich aus Fig. 276. Zur gehörigen Befestigung der Schlagschwellen, sowie zur Dichtung des Bodens, sind, wie zuweilen geschieht, zwischen diejenigen Pfahlreihen, welche die eigentlichen Grundswellen tragen, noch andre Pfähle gerammt, auf welchen zwei Zwischenbalken liegen. In dieser Weise bildet sich unter den Schlagschwellen noch ein Balkenboden, der durch Kalfatern vollständig gedichtet wird. Die Langschwellen sind bis zum äußern Rande der Schlagschwellen so weit abgeschnitten, daß sie mit dem Bohlenboden eine ebne Oberfläche bilden, und nachdem diese gedichtet ist, werden die Schlagschwellen nebst dem Binder auf einer mehrfachen Lage von getheertem Löschpapier verlegt, und eben so wie der Mittelbalken mit eisernen gehakten Bolzen gegen die eichenen Grundbalken befestigt. Die beiden Dreiecke zwischen den Schlagschwellen, dem Binder und dem Mittelbalken sind ringsum mit Falzen versehen, um einen Bohlenboden in der Höhe der Schlagschwellen darauf anbringen zu können, nachdem sie bis zu diesen Falzen ausgemauert sind. Auch dieser Boden wird durch Kalfatern gedichtet. Die beiden Pfannenträger müssen schon vor dem Verlegen des

Mittelbalkens mit demselben verzapft sein. Ihre Befestigung gegen die Grundbalken geschieht in gleicher Weise, und man sorgt dafür, daß nicht etwa unter oder neben denselben Wasseradern sich bilden können.

Im Thorkammerboden hat die obere Balkenlage nur eine geringe Höhe, damit der gehörige Anschlag sich gegen die Schlagschwellen bilden kann. Darüber sind wieder die Langschwellen gestreckt, die stumpf gegen die Schlagschwellen stoßen, und die mit dem Bohlenboden in einer Flucht liegen. Die Felder unter dem letztern sind ausgemauert, und die Fugen sowohl zwischen den Bohlen und Langschwellen, als auch gegen die Schlagschwellen sorgfältig gedichtet.

In gleicher Weise ist auch der Hinterboden behandelt. Da derselbe jedoch in der Höhe der Schlagschwellen liegt, so sind die obern Balken hochkantig verlegt und greifen mit Zapfen in den Mittelbalken, mit welchem sie durch Nägel verbunden werden. Die obern Langschwellen fehlen hier.

Als Beispiel der zweiten Constructionsart, wonach die Schlagschwellen auf den Oberboden gelegt werden, mag die Schleuse auf dem Canal zwischen Herzogenbusch und Maastricht dienen, die Fig. 277. *a* und *b* zeigt. Ueber die Grundbalken sind acht Langschwellen gestreckt, von denen jedoch nur vier zwischen den Mauern liegen. Sie dienen zur Verankerung des Hinterbodens, und setzen sich unter dem Mittelbalken und den Schlagschwellen bis in den Thorkammerboden fort. Der Unterboden ist in gleicher Art, wie bereits beschrieben, angeordnet. Die zweite Balkenlage über den Grundbalken der Thorkammer ist vollständig vorhanden. Zwischen demjenigen Balken, der dem Mittelbalken zunächst liegt, und dem Letzteren sind mit Versatzung und Verzapfung zwei Streben eingelegt, die zur Verstärkung der darüber liegenden Schlagschwellen dienen. Der Binder hat die volle Höhe des Mittelbalkens, auch die Pfannenträger greifen über den nächsten Balken, sind aber mit Falzen zur Befestigung des Oberbodens versehen. Die erwähnten Streben, so wie die Pfannenträger sind wieder mittelst gehakter Bolzen an die Grundbalken befestigt, und nachdem alle Felder ausgemauert waren, ist der Oberboden über die Balken und Streben genagelt. Derselbe greift aber nicht in die Dreiecke zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken ein, woselbst vielmehr das

Mauerwerk ohne Unterbrechung bis zum Bohlenbelag des Dremfels fortgesetzt ist. Auf jenen Oberboden sind endlich die ziemlich niedrigen Schlagschwellen verlegt, und mittelst starker Bolzen, die durch die Grundbalken reichen, daran befestigt. Die Detailzeichnung des Mittelbalkens Fig. 280. *a*, *b* und *c* in der obern und Seitenansicht und in drei Querschnitten, stellt diese Verbindung dar, und dieselbe ist in den Querschnitten noch durch die Andeutung des Bohlenbelags und der anstossenden Verbandstücke verdeutlicht. Im Uebrigen stimmt die Construction mit der bereits beschriebnen überein, und es wäre nur noch auf die Heerdmauer am untern Ende der Schleuse aufmerksam zu machen, die vor der Schleusenöffnung durch eine hölzerne Schwelle geschützt ist, und auf einem besondern Pfahlrost ruht. Letzterer ist am äufsern Rande nicht nur durch eine Spundwand gesichert, sondern lehnt sich auch an eine Reihe schräge eingerammter Pfähle, mit denen seine Schwelle verbolzt ist.

Endlich ist noch die in Preussen früher allgemein übliche Constructionsart der hölzernen Böden unter den Schleusenhäuptern zu erwähnen. Sie unterscheidet sich von den beschriebnen theils durch manche Eigenthümlichkeiten, theils aber und vorzugsweise durch die grofse Anzahl von Quer- und Längenspundwänden und überhaupt durch eine möglichst weit getriebne Vorsicht zur Sicherstellung des Baues.

Diese Vorsicht begründet sich indessen keineswegs in der natürlichen Beschaffenheit des Bodens, der im Allgemeinen nicht ungünstiger, als bei vielen Canälen in Frankreich ist, und am wenigsten dem Baugrunde in den Niederlanden nachsteht. Auch die Dimensionen unsrer Schleusen, die meist nur von Flufsschiffen benutzt werden, sind so mäfsig, dafs sie die Besorgnifs einer gröfsern Gefahr keineswegs begründen. Die von Eytelwein angegebenen *), ohne Zweifel sehr soliden Constructionen werden auch heutiges Tages von vielen Baumeistern noch als Normen angesehen. Nur in neuerer Zeit hat die Bettung auf Béton mehrfach Anwendung gefunden. Dabei mag erwähnt werden, dafs schon im Anfange dieses Jahrhunderts der Wasserbau-Director F. Schulz darauf aufmerk-

*) Practische Anweisung zur Wasserbaukunst. Heft IV.

sam machte, daß unsre Schleusen viel kostbarer wären, als die Französischen und selbst die Niederländischen. *)

Fig. 281. *a* und *b* auf Taf. XL. zeigt den Grundriß und den Längendurchschnitt eines Unterhauptes nach der bei uns üblichen Anordnung. Man bemerkt darin fünf Querspundwände und zwei Längenspundwände, zuweilen werden sogar vier der letztern angenommen, so daß jede Mauer auf beiden Seiten von Spundwänden eingeschlossen ist. Man beabsichtigt durch die grofse Vervielfältigung derselben nicht nur die Bildung der Quellen zu verhindern, die von der einen oder der andern Seite in die Schleuse treten, oder aus derselben hervordringen könnten, und Wasserverlust oder auch wohl Unterspülung besorgen liefsen, sondern auferdem sollen diese Spundwände auch während des Baues den Wasserzudrang mäßigen und bei besonders quelligem Boden zur Trennung der Baugrube in mehrere Theile dienen, die einzeln trocken gelegt und besonders fundirt werden können.

Die Querspundwände im Oberhaupt sind folgende:

- 1) am obern Eingange in die Schleuse, also vor dem Vorboden des Oberhauptes. Dieselbe soll 6 Zoll stark sein.
- 2) Zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Oberhauptes. Diese wird als entbehrlich bezeichnet, wenn die Beschaffenheit des Grundes nicht bedenklich ist. Die Stärke von 4 Zoll sei genügend. Ich bemerke indessen, daß vor beiden Thorkammerböden in unsern ältern Schleusen die Spundwände nicht leicht fehlen.
- 3) Unter den beiden Schlagschwellen, in der Stärke von 6 Zoll.
- 4) Unter dem Mittelbalken liegt die Hauptspundwand von 8 Zoll Stärke.
- 5) Unter dem Abfallboden, und zwar am Fuß desselben, befindet sich eine schwache Spundwand von 4 Zoll Stärke, deren Anbringung noch aus dem besondern Grunde empfohlen wird, um den Streben, welche den Oberboden stützen (Figur 258. auf Taf. XXXIV.) ein festes Widerlager zu geben.

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Königsberg 1808. Seite 132.

In ähnlicher Weise und grofsentheils in gleichen Dimensionen wiederholen sich die Spundwände im Unterhaupt, nämlich:

- 6) vor dem Thorkammerboden. Dieselbe wird wieder als minder wichtig bezeichnet, pflegt aber doch nur selten zu fehlen.
- 7) Unter den Schlagschwellen.
- 8) Unter dem Mittelbalken.
- 9) Eine Spundwand im Hinterboden soll vorzugsweise dazu dienen, den Unterdrempel bis zu grösserer Tiefe untermauern zu können. Ihre Stärke wird zu 4 Zoll angegeben, und eben so stark soll auch endlich
- 10) die Spundwand am untern Ende oder hinter dem Hinterboden des Unterhauptes sein.

Diese sämtlichen Querspundwände werden mit Fachbäumen versehen, die man nicht mit Bohlen überdeckt, die vielmehr Falze und oft sogar doppelte Falze haben, in welche der einfache oder doppelte Bohlenbelag des Schleusenbodens eingreift und mit eiserne Nägeln befestigt ist. Ausserdem liegen die sämtlichen Fachbäume, und sonach auch diejenigen, welche die Längenspundwände überdecken, nicht allein auf den Spundwänden, sondern jedesmal zugleich auf daneben eingeramnten Pfählen, von denen sie mit starken Blattzapfen umfaßt werden. Lange Nägel mit Widerhaken versehen sind horizontal durch letztere in die Fachbäume getrieben, und stellen die feste Verbindung dar, welche durch das Gewicht der Mauern noch mehr gesichert wird.

Wo zwei Spundwände zusammentreffen, oder sich kreuzen, befindet sich jedesmal ein stärkerer, mit Nuthen versehener Bundpfahl (Theil I. § 39), der Nuthpfahl genannt. Unter den Wendischen stehn sogar zwei solche unmittelbar neben einander, weil hier fünf Spundwände zusammenstossen, die man nicht füglich an einen einzelnen Pfahl anschliessen kann, wie Fig. 283 zeigt. Mit dem Einrammen der Nuthpfähle pflegt man die Fundirungsarbeit zu beginnen.

Die Grundbalken unter den Häuptern sind, eben so wie unter der Kammer, zugleich Zangen des Rostes, und werden nicht nur auf die Rostschwellen, die sie treffen, sondern auch auf die Fachbäume der Längen-Spundwände aufgekämmt. Die äussern Längen-Spundwände erhalten zuweilen keine Fachbäume, erheben sich aber einige Fufs hoch über den Rost, und werden oben durch

zwei angebolzte Zangen zusammengehalten (Figur 268. auf Tafel XXXVIII.). In diesem Fall stehn sie unmittelbar neben den äussern Rostschwellen, und die Grundbalken, eben so wie die Querschachtbäume, dürfen nicht darüber hinaus verlängert werden.

In den Dreiecken zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken befinden sich keine Grundbalken, vielmehr werden die Belagsbohlen nur auf die Falze der Schlagschwellen, des Mittelbalkens und der Binder genagelt. Die daselbst befindlichen Pfähle dienen allein zur Unterstützung der benannten Verbandstücke. Noch ist zu erwähnen, daß die Grundbalken unter den Häuptern gemeinhin etwas näher liegen, als in der Kammer, und daß diejenigen Grundbalken, welche die Querschachtbäume berühren, nicht in gewöhnlicher Weise auf die Pfähle aufgezapft, sondern, wie die Fachbäume, durch Blattzapfen gehalten und mit starken eisernen Nägeln daran befestigt werden. Es ist aber noch nöthig, in diesem Fall, und namentlich wo der Bohlenbelag nicht an die Fachbäume genagelt ist, wie zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Unterhauptes, den Fachbaum mit dem nebenliegenden Grundbalken durch einige Schraubenbolzen zu verbinden.

Besonders wichtig sind die Schlagschwellen in ihrer Verbindung mit dem Mittelbalken. Der Anschlag, wogegen die geschlossnen Thore sich lehnen, wird nicht allein durch die Schlagschwellen, sondern, wie Fig. 284. zeigt, zum Theil auch durch den Mittelbalken gebildet. Beide bestehn aus so hochkantigen Balken, daß nicht nur der Bohlenbelag des Thorkammerbodens in der Höhe der Grundbalken in sie eingefalzt wird, sondern sie ausserdem die ganze Höhe des Anschlags darstellen. Letztere beträgt gemeinhin 9 Zoll, und die Höhe dieser Verbandstücke muß daher wenigstens 21 Zoll messen, nachdem sie scharfkantig beschlagen sind. Gewöhnlich wählt man Eichenholz dazu. Da man dieses aber bei solcher Stärke nicht leicht in der ganzen Länge des Mittelbalkens findet, so bemüht man sich wenigstens die Stöße unter die Mauern zu bringen. Die Verbindung in den Stößen ist Figur 282 dargestellt.

Sowohl der Mittelbalken, als die Schlagschwellen ruhn auf Spundwänden und werden außerdem von den dazwischen eingerammten Spitzpfählen unterstützt, wie Fig. 283 durch die Blattzapfen der Pfähle andeutet. Durch diese unmittelbare Verbindung

der Schlagschwellen mit den Spundwänden wird ohne Zweifel die Bildung von Wasseradern wesentlich erschwert.

Der Mittelbalken sowohl, als auch die Schlagschwellen sind mit den Spundwänden durch Zapfen verbunden. Diese Zapfen sind theils in der Höhe von 2 Zoll in der ganzen Länge der Spundwände sorgfältig angeschnitten, und greifen in entsprechende Nuthen der benannten Verbandstücke ein, theils aber treten in Abständen von etwa 4 Fuß einzelne Zapfen bis zu der obern Fläche der Fachbäume vor. Zur Darstellung einer möglichst innigen Verbindung werden diese Zapfen jedesmal gespalten und durch zwei Keile auseinander getrieben. Man läßt sie indessen nicht bis zur freien Oberfläche des Bodens vortreten. Wenn sie daher nicht durch den Bohlenbelag überdeckt werden, so erhalten sie nicht die ganze Höhe der Fachbäume. Auch die Zapfenlöcher in den letztern werden alsdann nur in entsprechender Tiefe ausgeschnitten, und vor dem Aufbringen der Fachbäume und des Mittelbalkens versieht man jeden Zapfen mit zwei feinen Sägeschnitten, und setzt die Schneiden zweier Keile aus hartem Holz von angemessner Länge darin ein, wie Fig. 288. zeigt. Beim Auftreiben des Fachbaums stoßen alsdann die Holzkeile an den Boden des Zapfenlochs, werden dadurch herabgedrückt, und dringen in die Sägeschnitte ein. Wenn dieses Verfahren vollständig glückt, so erhält der Fachbaum eine sehr sichere Befestigung, doch bleibt es immer zweifelhaft, ob wirklich alle Keile regelmäfsig eindringen, und nicht vielleicht einige derselben sich umlegen, wodurch die Verbindung mehr gestört, als befördert wird. An die Fachbäume der Drempel schliessen sich sowohl in der Thorkammer als am Hinterboden jedesmal doppelte Bohlenbeläge an, und deshalb sind die Schlagschwellen wie auch der Mittelbalken mit doppelten Falzen versehen. Hierdurch wird die Gelegenheit geboten, die Zapfen der Spundpfähle bis zu den obern Falzen vortreten zu lassen, woselbst sie sicher verkeilt und später durch den obern Bohlenbelag überdeckt werden können. In Fig. 283 und 284 sind diese Zapfen durch die stärkere Schraffirung bezeichnet.

Fig. 284. stellt die Verbindung des Drempels in der obern Ansicht dar. Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, mit dem untern Rande nicht allein gegen die Schlagschwellen, vielmehr setzt sich der Anschlag bis tief in den Mittelbalken fort, so

dafs die Pfanne, worin der untere Thorzapfen steht, in den Mittelbalken selbst eingelassen werden kann, und die in den Niederlanden üblichen Pfannenträger entbehrlich werden. Die Hauptverbandstücke, nämlich der Mittelbalken, eine Schlagschwelle und der Binder sind in den Figuren 285, 286 und 287 besonders dargestellt, und zwar sowohl in der Ansicht von oben *a*, als auch von der Seite *b*. Im Allgemeinen geschieht die Verbindung durch doppelte Zapfen und Versatzung. Der Binder, der gleichfalls in dieser Weise mit den Schlagschwellen verbunden ist, setzt sich in der Höhe des Bohlenbelags der Thorkammer durch die ganze Länge derselben fort, und ruht theils auf den Grundbalken, theils auch auf mehreren Pfählen, die ihn mit Blattzapfen umfassen. Gegen letztere ist er mit starken Bolzen verbunden, wodurch er verhindert wird, sich aufzuheben, falls die Thore heftig gegen die Schlagschwellen schlagen sollten. Es ist zweifelhaft, ob ein solches Umkanten des Dremfels überhaupt zu besorgen ist. In den Niederlanden wird dieses nicht angenommen, daher auch die Fortsetzung des Binders über die Schlagschwellen hinaus für entbehrlich gehalten. Die Schlagschwellen werden bei uns in ihren obern Flächen mit starken Blättern versehen, die über dem Binder sich berühren und sich gegeneinander stemmen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs die Verbindung des Dremfels möglichst fest sein mufs, und dieses kann nur durch sorgfältige Bearbeitung aller Theile und scharfes Eintreiben derselben ineinander erreicht werden. Man setzt zunächst die Zapfen der Schlagschwellen in den Binder, und treibt alsdann diese drei Stücke in den Mittelbalken. Um aber alle Stöße vollständig zu dichten, sind die Zapfen so stark gehalten, dafs sie die Zapfenlöcher vollständig füllen, und vor dem Eintreiben werden sie selbst, sowie alle berührende Holzflächen mit heifsem Theer getränkt.

Nachdem diese Zusammensetzung erfolgt ist, auch die eisernen Klammern, welche Fig. 284. zeigt, eingetrieben sind, bringt man den ganzen Dremfel auf die Spundwände und Stützpfähle auf, und zwar geschieht dieses, um ein genaues Schliessen der Zapfen möglich zu machen, in folgender Art. Man befestigt an den Dremfel drei Taue, die, über Rollen geleitet, um drei Erdwinden geschlungen sind. Dadurch wird man in den Stand gesetzt, den Dremfel mit Leichtigkeit wiederholentlich aufzulegen und abzuheben. So-

wohl die Spundwände, als die Stützpfähle werden alsdann erst nach Maafsgabe der Zapfenlöcher des Dremfels mit Zapfen versehen. Man bestreicht die untere Fläche des Dremfels vor dem Auflegen mit einer zähen Bolus-Farbe. Alsdann zeichnet sich die Nuthe, welche keine Farbe abdrückt, auf dem Hirnholz der Spundwand ab. Nach dieser Zeichnung werden die sämmtlichen Zapfen an der letztern, sowie auch an den Stützpfählen angeschnitten, und das Bestreichen mit Farbe, sowie das Aufpassen des Dremfels wird so lange fortgesetzt, bis endlich der gleichmäfsige Abdruck der Farbe ein gleichmäfsiges Aufliegen auf allen Unterstützungspunkten erkennen läfst.

Die Zapfen der Spundwände können, um ein Abheben des Dremfels bei diesen oft wiederholten Proben möglich zu machen, nicht scharf passend zugeschnitten sein. Sie werden daher zuletzt nicht nur mit Theer getränkt, sondern auch mit getheerter starker Leinwand umschlagen. Auch die Nuthen und Zapfenlöcher und überhaupt alle sich berührende Holzflächen werden getheert, und nachdem der Dremfel wieder aufgelegt ist, bedeckt man ihn, um ihn vor Beschädigungen zu sichern, mit Brettern, und treibt ihn mit Handrammen fest auf. Endlich werden die aus den obern Falzen vortretenden Zapfen, die schon vorher aufgeschnitten waren, durch je zwei Keile auseinander getrieben und sorgfältig abgeschnitten.

Der Boden jedes Hauptes wird unter dem Bohlenbelage ausgemauert, und diese Ausmauerung wird auch auf beiden Seiten der Spundwand unter dem Mittelbalken im Ganzen auf 7 Fufs Breite ausgeführt, und erstreckt sich seitwärts bis zu den äufsern Längenspundwänden. Der übrige Theil des Rostes unter den Mauern wird nur mit Thon ausgeschlagen. Um zu dieser Untermauerung eine feste Grundlage zu gewinnen, gräbt man, während die Schöpfmaschinen in kräftigem Betriebe erhalten werden, den Grund zwischen den Pfählen und Spundwänden möglichst tief aus, bringt alsdann eine Lage Bauschutt auf, stampft diese fest an, übergiefst sie mit dünnflüssigem hydraulischen Mörtel, und führt eiligst die Mauern bis zu den vorher zugeschnittenen Köpfen der Pfähle herauf. Nachdem alsdann die Grundbalken und Fachbäume aufgebracht sind, setzt man die Maurung bis zur untern Fläche des Bohlenbelags fort.

Der Bohlenbelag ist gewöhnlich in der ganzen Ausdehnung

der Häupter doppelt, und die Bohlen jeder Lage sind gefalzt oder mit halber Spundung versehen. Außerdem werden sie getheert, und man sorgt dafür, daß die Fugen des obern Belags nicht über die des untern treffen. Gewöhnlich besteht die untere Lage aus dreizölligen kiefern, und die obere aus zweizölligen eichenen Bohlen. Die Breite der Falze in den Fachbäumen, sowie in dem Binder, stimmt jedesmal mit der Höhe der eingreifenden Bohle überein, so daß der untere Falz 3 Zoll, und der obere 5 Zoll weit eingeschnitten ist. Jede Bohle wird am Ende mit zwei eisernen, auf jeden zwischenliegenden Grundbalken aber mit zwei hölzernen, vorher in Theer getauchten Nägeln befestigt. Diese Nägel sind häufig in derselben Art, wie bei Gelegenheit des Kammerbodens bereits erwähnt ist, mit eingesetzten verdeckten Keilen versehen.

Wenn die Schleusenhäupter massive Böden erhalten, so ist die Fundirung derselben wieder sehr verschieden, und auch in diesem Fall wurde bei uns die Vorsicht möglichst weit getrieben. Fig. 289. auf Taf. XLI. zeigt das Oberhaupt der Brieskower Schleuse im Friedrich-Wilhelms-Canal, die in den Jahren 1826 und 1827 erbaut ist, und für mehrere spätere Bauten als Muster gedient hat. *) Man ersieht aus dem Pfahlriß in der obern Hälfte der Fig. 289. *a*, sowie auch aus dem Querdurchschnitt Fig. 289. *d*, daß hier sogar sechs Längenspundwände angebracht sind, welche nicht nur die Mauern von beiden Seiten einschließen, sondern an den äußern Seiten noch doppelt sind, um ein Durchquellen des Wassers aus den Umläufen zu verhindern. Die Zahl der Querspundwände beträgt dagegen vier, von denen eine vor dem Eingange der Schleuse liegt, zwei unter den Schlagschwellen und dem Mittelbalken sich befinden, und die vierte den Abfallboden und zugleich den massiven Oberboden begrenzt. Wenn es sich bei hölzernem Boden rechtfertigen läßt, unter den Schlagschwellen Spundwände anzubringen, so ist im vorliegenden Fall gewiß kein Grund für eine solche Annahme denkbar, da das 8 Fuß hohe Mauerwerk die Schlagschwellen von dem Rost trennt.

Das Unterhaupt dieser Schleuse ist gleichfalls mit massivem Boden versehen, der in der Thorkammer nur 2 Fuß stark ist. Unter demselben befinden sich vier Längenspundwände, weil daselbst

*) Bauausführungen des Preussischen Staates. Bd. I. Berlin 1830. S. 32.

keine Umläufe vorhanden sind und die Schleuse mittelst Schütz-Oeffnungen in den Thoren entleert wird. Die Anzahl der Querspundwände ist dagegen eben so groß, wie im Oberhaupt. Die erste liegt vor dem Thorkammenboden, zwei unter dem Drempel und die vierte an dem untern Eingange der Schleuse. Die sonstige Anordnung des Rostes, die von dem oben beschriebnen wenig abweicht, ergiebt sich aus den Figuren. Der hölzerne Kammerboden ist in gleicher Art ausgeführt, wie Figur 268. auf Tafel XXXVIII. im Durchschnitt zeigt. Dieser Boden liegt nach Figur 289. c einen Fuß höher, als der Rost des Oberhauptes, und beide werden durch einen Fachbaum getrennt, dessen obere Fläche in gleicher Höhe mit dem Bohlenbelag des Kammerbodens sich befindet. Hierdurch wird verhindert, daß die Wasseradern, welche sich zwischen der Mauer und dem Bohlenbelag des Rostes hinziehen könnten, nicht unmittelbar in die Kammer treten. In gleicher Weise trennt ein andrer Fachbaum den Boden der Schleusenkammer von dem Thorkammerboden des Unterhauptes. Der Rost unter dem letzten liegt aber 3 Fuß tiefer, als der erste.

Die Schlagschwellen werden durch große Werkstücke aus Granit gebildet, die sich zu einem horizontalen Bogen zusammensetzen, dem die Seitenmauern als Widerlager dienen. Jeder Gewölbstein setzt sich über den Anschlag der Thore fort und tritt in geringerer Höhe zum Theil in die Thorkammer, wodurch er um so sicherer in seiner Lage gehalten werden soll.

Der Abfallboden ist in der Mittellinie der Schleuse im Verhältniß von $3\frac{1}{2}$ zu 1 gegen das Loth geneigt, während er im Anschluß an die Seiten-Mauern lothrecht ansteigt. Er bildet sonach eine Fläche, die dadurch entsteht, daß die gerade Linie im Unterboden mit der Kreislinie im Oberboden durch gerade Linien verbunden wird. In Niederländischen Schleusen ist der Abfallboden zuweilen in gleicher Art geformt, bei dem geringen Schleusen-Gefälle und der Gestalt der dortigen Schiffe dient diese Anordnung zur Verlängerung der Schleusenkammer.

Der Oberboden der Brieskower Schleuse ist mit Ausschuß der erwähnten Werksteinschicht, welche den Drempel bildet, ganz aus gebrannten Steinen ausgeführt.

Von den Umläufen, die hier in eigenthümlicher Art angeordnet sind, soll später die Rede sein.

Die Niederländischen, Französischen und Englischen Schleusen sind gleichfalls häufig in den Häuptern mit massiven Böden versehen, wenn sie auch wegen ungenügender Festigkeit des Baugrundes auf Pfahlrosten stehn. Die Anordnung des letztern ist aber jedesmal viel einfacher, und oft zieht sich der Rost ohne Unterbrechung und in gleicher Höhe unter der ganzen Schleuse fort, besonders wenn auch die Kammer mit massivem Boden versehen ist, oder wenn der Oberboden ansehnlich höher, als der Unterboden liegt. Häufig ist der Rost unter den Häuptern in größerer Tiefe ausgeführt, als unter der Schleusenkammer, und zwischen beiden befindet sich alsdann eine Spundwand, während unter jedem Drempel eine solche in gerader Linie quer durch die Schleuse gezogen ist. Auch kommt es zuweilen vor, daß nur die Häupter auf Pfahlrosten gegründet sind, während die Schleusenkammer unmittelbar auf dem natürlichen Boden ruht. Dieses ist z. B. nach Telford's Mittheilung bei den Schleusen des Caledonischen Canals geschehn, wo der kiesige Grund ein Setzen nicht besorgen liefs, die gewählte Fundirungsart vielmehr nur das Durchziehn von Quellen und das Auswaschen des Untergrundes verhindern, oder mäßigen sollte.

In den meisten Fällen, und namentlich bei kleinern Canal-schleusen in England und Frankreich, wendet man keinen Pfahlrost an. Auch in den Niederlanden geschieht dieses zuweilen, und zwar nicht nur wegen der Kostenersparung, sondern auch weil man oft die Erfahrung machte, daß der Zudrang des Wassers in eine Baugrube sehr mäßig blieb, und daher eine leichte Ausführung des Baues hoffen liefs, bis durch das Einrammen von Pfählen starke Quellen geöffnet wurden, die man nur mit Mühe beseitigen konnte. Bei der Beurtheilung, ob ein Pfahlrost nothwendig sei, darf man überhaupt nicht vergessen, daß der wichtigste Grund zur Anwendung desselben bei andern hohen und schweren Gebäuden, nämlich der Mangel an Tragfähigkeit des Bodens, bei Schleusen-Anlagen gewöhnlich nicht in Betracht kommt. Die Schleuse ist in der Regel nicht schwerer als der Boden, der bisher auf dem Untergrunde ruhte, wenn dieser also die bisherige Belastung trug, so wird er auch unter der Schleuse nicht einsinken. Dieses ist jedoch zu besorgen, wenn durch starkes und anhaltendes Pumpen während des Baues die hindurchdringenden Quellen den Untergrund aufgelockert

haben. Bei einem Baugrunde, der an sich fest, dessen Auflockerung aber bei Trockenlegung der Baugrube zu besorgen ist, empfiehlt sich daher eine Fundirungsart, wobei das Pumpen ganz umgangen wird. Dieses ist die Fundirung auf Béton, die im ersten Theil dieses Werks §. 48. ausführlich beschrieben ist. Auch ist daselbst bereits angegeben, wie man bei Schleusenbauten das Bett mit Béton-Fangedämmen zu umschliessen pflegt, die später Theile der Schleusenmauern bilden.

Indem der Thorkammerboden jedesmal eine horizontale Ebne bildet, auch der Fuß der Seitenmauern darin nicht vortreten darf, weil sonst die Bewegung der Thore bis zu den Thornischen verhindert würde, so ist bei grossen Schleusen, die für den Durchgang von Seeschiffen bestimmt sind, und welche man in dem Kammerboden, wie in den Vor- und Hinterböden der Häupter mit verkehrten Gewölben überdeckt, die gehörige Sicherung der Thorkammerböden besonders schwierig. Dieses geschieht, falls die Schleuse nicht auf einem Pfahlrost ruht, entweder durch angemessene Verstärkung dieser Böden, indem man deren Untermauerung bis zu grösserer Tiefe herabführt, oder sie mit Heerdmauern verbindet. Auch kann derselbe Zweck durch starke liegende Roste erreicht werden, indem die Schwellen derselben, durch die Seitenmauern belastet, dem massiven Boden zur Stütze dienen. In ähnlicher Weise hat man bei der neueren Dockschleuse in Bremerhaven zur Verstärkung der massiven, auf Pfahlrosten fundirten Thorkammerböden durch diese noch einzelne Eichenstämme von bedeutenden Dimensionen gestreckt und eingemauert. Dieselben liegen in der Längsrichtung der Schleuse und ihre Enden treffen unter die verkehrten Gewölbe, welche sowohl den Drempe, als den Vorboden bilden, sonach beide Thorkammern (für die Fluth- und die Ebbethore) einschliessen. Veranlassung zu dieser Verstärkung gab nicht nur die grosse Weite der Schleuse, die 70 Fufs Bremisch oder $64\frac{1}{2}$ Fufs Rheinländisch misst, sondern vorzugsweise der Umstand, daß schon während des Baues der Rost sich etwas gehoben hatte.

Oft werden die massiven Böden der Häupter aus Bruchsteinen oder gebrannten Steinen ausgeführt. Gewöhnlich unterläßt man alsdann die vollständige Ueberdeckung mit Werkstücken. Nur zu den Schlagschwellen, der Begrenzung des Bodens am Eingange der Schleuse, so wie in den vortretenden Kanten, wozu auch die Rinne

unter den Dammbalken gehört, pflegt man feste Werksteine zu verwenden. Die Steine, welche im Eingange der Schleuse den Boden begrenzen, werden oft so verlegt, daß die Stoßfugen nach außen convergiren, wodurch sie einen scheitrechten horizontalen Bogen bilden, der das Ausstoßen einzelner Steine verhindert. Fig. 290. *a* und *b* zeigt diese Anordnung im Grundriß und in der Seitenansicht. Die beiden äußern Steine treten alsdann in die Seitenmauern, und um sie mit denselben in gehörigen Verband zu setzen, sind sie, wie in den Niederlanden üblich, seitwärts mit Falzen von der Breite eines Ziegelsteins versehen, worin das Mauerwerk eingreift. Sie haben außerdem in dem Theile, der in der Mauer liegt, eine etwas größere Höhe, um die nächste Lagerfuge über den Schleusenboden zu heben, wodurch das Ausstreichen derselben erleichtert wird und sicherer erfolgen kann. Endlich zeigt dieselbe Figur noch die eisernen Steinklammern, wodurch diese Steine geankert werden. Diese Sicherheits-Maafsregel ist bei den Niederländischen Schleusen üblich.

Daß die steinernen Drempele in ähnlicher Weise, wie horizontale Bogen zusammengesetzt werden, ist bereits erwähnt, und man pflegt dieselben, wie bei der Brieskower Schleuse geschehn, aus hohen Werkstücken darzustellen, die nicht nur den Anschlag für die Thore bilden, sondern sich auch bis in den Thorkammerboden fortsetzen. Man ist indessen immer bemüht, die Anzahl der Gewölbsteine möglichst geringe anzunehmen, weil die Fugen leicht undicht werden. Zur Sicherung derselben bohrt man auch wohl in je zwei einander berührende Steine vertikale Löcher, und nachdem die sämtlichen Steine versetzt und die Stoßfugen dazwischen geschlossen sind, treibt man noch steifen Mörtel oder feinen Béton in diese cylindrischen Oeffnungen, um wenigstens stellenweise das Durchdringen des Wassers zu verhindern.

Bei diesen steinernen Schlagschwellen ist der Schluß der Thore nie so dicht, wie bei hölzernen Schwellen, und wenn vielleicht ein harter Körper, wie etwa ein kleiner Stein vor der Schwelle liegt, und das Thor schnell zuschlägt, oder später einem starken Wasserdruck ausgesetzt wird, so springt leicht die Kante der Schwelle aus, und es entsteht ein Leck, der nicht mehr sicher gestopft werden kann, wenn man nicht einen andern Drempelstein einsetzt. Besonders bei spröden Steinen ist diese Gefahr sehr groß. Man

pfllegt daher nicht selten, und in England sogar gewöhnlich, den massiven Drempel mit hölzernen Schlagschwellen zu verkleiden, die, sobald sie schadhaft werden, mit Leichtigkeit durch neue ersetzt werden können. Auch bei den an der Lahn erbauten Schleusen hat dieses Verfahren Anwendung gefunden. Es wurde hier namentlich dadurch geboten, daß zu den Drempeln, wie zu allen sonstigen Werkstücken nur spröder Marmor angewendet werden konnte. Fig. 291. *a* und *b* zeigt eine solche Anordnung im Grundriss und Längendurchschnitt. Die Schwellen sind, wie in England üblich, etwas in die Steine versenkt, stoßen aber in der Mitte nur stumpf zusammen. Für die gehörige Dichtung der Fugen sorgt man durch elastische Zwischenlagen, und die Befestigung wird durch Schraubenbolzen, die in den Steinen vergossen sind, dargestellt. Die Bolzen dürfen indessen eben so wenig, wie die Schraubenmutter vorstehn, weil sonst die durchgehenden Schiffe leiden könnten. Die Figuren 311. und 312. auf Taf. XLIV. zeigen gleichfalls hölzerne Schlagschwellen, und zwar bei kleinen Englischen Canalschleusen, die nur durch einfache Thore geschlossen werden.

In den massiven Böden der Oberhäupter liegen zuweilen Umläufe. Von diesen wie auch von den Wendenischen und von den Schienen, auf welchen zur Unterstützung großer Thore eiserne Rollen laufen, wird später die Rede sein.

Bei hölzernen Wänden, die an sich niemals wasserdicht sind, muß das Durchquellen zur Seite der Thore auf andre Weise verhindert werden. Dieses geschieht, wie bereits bei Gelegenheit der Wehre und Freiarchen erwähnt ist, vorzugsweise dadurch, daß die Spundwand nur unter der Schleuse, oder soweit sie vom Fachbaum überdeckt wird, unter dem Horizont des Schleusenbodens abgeschnitten ist, daß sie aber hinter den Seitenwänden bis nahe zur Höhe des Terrains und wenigstens bis über den gewöhnlichen Stand des Oberwassers ansteigt. Ein sorgfältig ausgeführter Thonschlag zu beiden Seiten dieser Spundwand pfllegt alsdann das Durchtreten starker Quellen zu verhindern, wiewohl solche im Laufe der Zeit sich leicht ausbilden, und sonach häufige Befestigungen und Ergänzungen der Hinterfüllung nöthig werden.

Die bei Gelegenheit der Wehre beschriebne und Fig. 176. *c* und *d* auf Taf. XX. dargestellte Methode, wonach der Fachbaum etwas verlängert wird, und einige gespundete Bohlen oder Halb-

hölzer darauf gestellt werden, eignet sich für Schiffsschleusen nicht, in sofern der auf den Fachbaum gestellte starke Stiel, worin die Wendenische eingeschnitten ist, eine sehr sichere Befestigung fordert, die man ihm nur geben kann, wenn er unmittelbar an die feste Spundwand gelehnt wird. Die Anordnung, welche Fig. 293. *a* und *b* auf Taf. XLII. im Grundriß und Durchschnitt zeigt, verdient daher den Vorzug. In der Spundwand befindet sich nämlich hier ein starker Nuthpfahl, der bis zur Höhe des hintern Theils der Spundwand hinaufreicht. Der Fachbaum lehnt sich an denselben und greift mit einem Zapfen in seine Nuthe, während der hinter der Schleusenwand in grössrer Höhe liegende Fachbaum ihn noch überdeckt. Der starke Stiel, welcher die Wendenische bildet, steht mit doppeltem Zapfen in dem ersten Fachbaum, und hat entweder eine Feder, womit er in die Nuthe des Nuthpfahls greift, oder beide sind mit übereinstimmenden Nuthen versehen, worin eine besondere Feder eingeschoben wird. Der hinter der Schleusenwand auf derselben Spundwand liegende Fachbaum ist dagegen seitwärts mit diesem Stiel verzapft. Ausserdem ist auf den höher liegenden oder den hintern Fachbaum eine starke Eisenschiene aufgenagelt, deren cylindrisches, mit einem Schraubengewinde versehenes Ende durch den erwähnten Stiel hindurchreicht, und mittelst einer Schraubenmutter wird die feste Verbindung zwischen beiden dargestellt. Ausserdem verbinden noch einige mit Widerhaken versehene Bolzen diesen Stiel mit dem Nuthpfahl. Bei der grossen Steifigkeit der Spundwände giebt diese Verbindung dem mit der Wendenische versehenen Stiel schon einen ziemlich festen Stand.

Der Druck des Thors erfolgt in der Längenrichtung desselben, wird also nur in der Richtung der Spundwand aufgehoben, und es muß noch für die gehörige Unterstützung der Wendenische in der Längenrichtung der Schleuse gesorgt werden. Zu diesem Zweck bringt man in der Schleusenwand eine, oder gewöhnlich zwei Streben an. Dieselben sind häufig mit den Wandstielen überblattet, so daß sie vor die letztern nicht vortreten. Indem sie jedoch hierdurch sehr geschwächt werden, so ist es vortheilhafter, wie oft geschieht, und auch in der Figur angenommen ist, eine besondere Schwelle vor der eigentlichen Wand auf die Grundbalken zu legen. Dieselbe wird in den Ueberkreuzungen eingeschnitten, damit sie nicht verschoben werden kann, auch mittelst

eisernen Klammern mit dem Fachbaum fest verbunden. Auf sie stellt man jene Streben, die in die Schwelle wie in den Stiel der Wendenische durch Versatzung eingreifen und mit gehakten Bolzen an die Wandstiele befestigt sind. Diese Schwelle gewährt zugleich den Vorthail, daß sie die Wandstiele im Hinterboden, und wenn man sie verlängert, auch in der ganzen Länge der Schleusen- und senkammer gegen das Verschieben sichert, falls die untern Zapfen derselben schadhaft werden. Man kann also bei dieser Anordnung, in derselben Art, wie schon bei Gelegenheit der Wehre §. 45. empfohlen und Fig. 177. c auf Taf. XX. dargestellt ist, die Stiele unmittelbar in die Grundbalken verzapfen und sie gegen die davor liegende Schwelle lehnen, wodurch sie einen sichern Stand erhalten.

Obwohl der mit der Wendenische versehne Stiel durch die innige Verbindung mit der Spundwand, so wie auch durch die Verstrebung in der Längenrichtung der Schleuse so befestigt werden kann, daß er dem Druck des geschlossnen Thors vollständig Widerstand leistet, so muß man doch auch den Druck des geöffneten Thors, das an diesem Stiel hängt, berücksichtigen. Zu diesem Zweck ist noch die Anbringung eines Erdankers erforderlich, wie Fig. 293. a zeigt. Was die sonstige Verankerung der Wände betrifft, so ist darüber nichts Besondres zu erwähnen.

Die in Fig. 293 dargestellte Anordnung der hölzernen Wände ist nicht die gewöhnliche, wiewohl sie in Beziehung auf Einfachheit und Festigkeit den Vorzug verdient. Oft bringt man nämlich auch bei hölzernen Schleusen vollständige Thornische an, indem die Wand zur Seite des Hinterbodens sich an den mit der Wendenische versehenen Stiel anschließt. Man läßt alsdann die Wand der Thornische etwas zurückspringen, die Wand zur Seite des Vorbodens aber wieder in die Richtung der ersten Wand treten. Man pflegt für jede dieser Wände besondere Schwellen zu legen, die neben einander vorbeigreifen, so daß die letzten Stiele beider Wände sich unmittelbar berühren. Diese Stiele, so wie auch die Holme werden durch Bolzen mit einander verbunden.

Die zuletzt beschriebne Verbindungsart ist nicht nur wegen der mehrfachen Unterbrechung der Wand, sondern vorzugsweise deshalb nachtheilig, weil die erwähnte Verstrebung der Wendenischen, wegen Ueberschneidung der Streben und Stiele weniger gesichert ist. Läßt man dagegen, wie zuerst angegeben, und wie Fig. 293.

zeigt, die Wand in der ganzen Länge der Schleuse in einer Flucht durchgehn, so tritt zwar der Uebelstand ein, daß die Kammer etwa um 2 Fufs zu breit ist, wodurch theils eine gröfsere Wasser-Consumtion beim Durchschleusen, theils auch ein gröfsrer Zeitaufwand für Letzteres bedingt wird, doch kommen diese Mängel bei hölzernen Schleusen meist weniger in Betracht, da solche doch nie besonders wasserdicht sind, und daher nur gewählt werden, wo Wassermangel nicht zu besorgen ist.

Dem Uebelstande, daß die geöffneten Schleusenthore an der obern Seite frei stehn, und daher von den durchgehenden Schiffen beschädigt werden können, läßt sich leicht dadurch begegnen, daß man die Thornischen noch durch besondere Stiele begrenzt, die vor die Wände gestellt und mittelst Bolzen daran befestigt werden, wie die Figur zeigt. Hierdurch wird beim Oberhaupt zugleich die Gelegenheit geboten eine Dammwand anzubringen, und in gleicher Weise kann auch im Hinterboden des Unterhaupts für einen Abschluß des Wassers bei vorkommenden Reparaturen gesorgt werden. Die Dammbalken unmittelbar an die Wandstiele zu lehnen, verbietet sich dadurch, daß die Wände der Schleusen, eben so wie die der Freiarchen mit Bohlen verkleidet sind. Diese Verkleidung ist hier aber um so mehr geboten, als man die Wandstiele nicht der Gefahr der Beschädigung durch Einstossen der Schiffshaken aussetzen darf. Daß die gegen solche Stiele gelehnte Dammwand keinen vollständigen Schluß bildet, da namentlich auch die Seitenwände nicht dicht sind, darf kaum erwähnt werden. Diese Wand dient vielmehr nur als Seitenbegrenzung eines Fangedamms.

Es muß noch bemerkt werden, daß die so eben bezeichnete und empfohlne Anordnung der Wendenischen zuweilen, und namentlich bei schwachem Holz, die feste Aufstellung der Pfannen für den untern Thorzapfen erschwert. Die Wendenische darf nämlich nicht tief in den Stiel eingreifen, derselbe muß aber in seiner ganzen Breite auf dem Fachbaum aufstehn, und so kann es leicht geschehn, daß in der Oberfläche des Letztern kein hinreichender Raum zur Befestigung der Pfanne übrig bleibt. Die Schwierigkeit läßt sich gemeinhin vermeiden, wenn man in die Verbandstücke, welche die Schlagschwellen bilden, die Falze für den Anschlag der Thore so einschneidet, daß dieselben in der Mittellinie der Schleuse schmaler sind, als an den Enden, und hier die Holz-

stärke noch hinreicht, um die Pfannen darin einzulassen. Andererseits kann man auch besondere Riegel, ähnlich den bei Holländischen Schleusen üblichen Pfannenträgern anbringen, die mit den Schwellen und Grundbalken verzapft und durch Pfähle unterstützt werden.

Wenn die Seitenwände der Häupter massiv sind, so kommt zunächst die Frage in Betracht, wie stark man sie machen soll. Zuweilen wird die Regel aufgestellt, die Mauerstärke müsse in diesem Fall der Breite des einzelnen Thorflügels gleich sein, und man verlangt dieses sogar, wenn der Verband der Mauern durch keine Umläufe unterbrochen wird. Andererseits giebt es viele Schleusen, namentlich in England, wo die Mauern der Häupter nicht stärker, als die der Kammern sind. Letzteres ist nicht zu billigen, da die Unterbrechung der Flucht durch die Thornischen, so wie auch der Druck der Thore, und selbst die Erschütterung, die diese leicht veranlassen, nicht unbeachtet bleiben dürfen. Dagegen ist auch die erste Regel unhaltbar, indem die Stabilität einer Mauer bekanntlich durch deren Höhe bedingt wird. Es lassen sich indessen keine allgemein gültige, einfache Regeln aufstellen, wenn sehr verschiedenartige Umstände bald größern, bald geringern Einfluß üben, und es kann daher nur von der nähern Untersuchung jedes einzelnen Falles abhängen, wie stark man die Mauer machen muß.

Was über die Brauchbarkeit des verschiedenen Mauermaterials bei Gelegenheit der Kammerwände gesagt ist, findet auch auf die Mauern der Schleusenhäupter Anwendung. Die vorspringenden Kanten am Eingange der Schleuse, an beiden Seiten der Thornischen, so wie an den Dammfalzen pflegt man, so weit es geschehn kann, abzurunden, oder zu brechen, und dazu Werkstücke zu wählen, wenn auch der übrige Theil der Mauer aus gebrannten Steinen oder Bruchsteinen besteht. Besonders geschieht das Letztere in den Wendenischen, deren Ausführung besondere Vorsicht erfordert.

Die Wendenische, oder der Theil der Mauer, welchen das geschlossene Schleusenthor berührt, und wo sich ein wasserdichter Schluß darstellen soll, bildet eine cylindrische Fläche, die in eine sie berührende Ebne übergeht. Dieselbe Form hat auch der Theil des Thors, der sich dagegen lehnt, denn das Thor ist an der schmalen Seite als halber Cylinder abgerundet. Von der Lage

der Drehungsachse und der Ausdehnung der Berührungsfläche zwischen dem Thor und der Mauer wird ausführlicher die Rede sein, wenn die Befestigung der Thore behandelt wird, hier sollen nur die Methoden beschrieben werden, wodurch man den scharfen und möglichst wasserdichten Schluß darstellt.

Wenn die Wendenische in Werksteine eingeschnitten ist, so pflegt man letztere vor dem Versetzen nur roh zu bearbeiten, und die Wendenische wird erst später, nachdem dieser Theil der Mauer beendigt ist, und der Mörtel gebunden hat, nach der Chablone und dem Richtscheit sorgfältig ausgehauen, so daß die in den übereinander liegenden Steinen gebildeten Vertiefungen zusammentreffen. Außerdem wird die Wendesäule des Thors, nachdem sie vollständig bearbeitet ist, wiederholentlich in die Nische eingepaßt. Durch Bestreichen derselben mit einer dicken Farbe, die in der Nische sich abdrückt, erkennt man leicht diejenigen Stellen der letztern, die am meisten vortreten, und endlich wird die Nische, nachdem sie bereits recht regelmäfsig gestaltet ist, noch ausgeschliffen, indem man ein Stück Eichenholz, dessen Rundung der Wendesäule entspricht, in der Nische dreht und auf- und abbewegt, während nasser Sand darauf geschüttet wird. Die Wendesäule selbst hierzu zu gebrauchen, wie zuweilen geschieht, ist nicht rathsam, indem sie dabei stark leidet.

Gemeinhin bemüht man sich durch Anwendung recht hoher Werkstücke, die Anzahl der Lagerfugen in den Wendenischen möglichst zu vermindern, und es geschieht nicht selten, namentlich bei Niederländischen Schleusen, daß Steinblöcke von 5 bis gegen 7 Fuß Höhe dazu verwendet werden. Daß eine solche Anordnung in Betreff des verschiedenartigen Setzens bedenklich ist, darf kaum erwähnt werden. Zur Befestigung dieser Steine läßt sich die Anwendung eiserner Anker kaum vermeiden. Zuweilen umgeht man aber auch die Einführung des Eisens, indem man diese Werksteine in derselben Weise, wie bereits bei Gelegenheit der Befestigung der vorspringenden Mauerecken erwähnt, mit Nuthen von der Breite eines Klinkers versieht, und die Hintermauerung darin eingreifen läßt. Fig. 294. zeigt diese Anordnung. In vielen Fällen werden beide Vorsichtsmaafsregeln gemeinschaftlich in Anwendung gebracht. Wenn dagegen die Werksteine in der Wendenische nur die gewöhnliche Höhe der Steinschichten, also etwa von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuß haben,

so fehlt die Verankerung, doch wird alsdann jeder Stein mit solchen Nuthen versehen.

In den Französischen und Englischen Schleusen haben die Steine keine bedeutende Höhe. Die erwähnten Nuthen fehlen ihnen, aber die Anwendung eiserner Anker ist dabei sehr gewöhnlich. Bei uns ist man, besonders in neuerer Zeit gegen Verankerungen des Mauerwerks mißtrauisch geworden, insofern die Ausdehnung und Verkürzung bei Temperatur-Veränderungen nicht anders als durch Auflockerung der Mörtelfugen sich ausgleicht.

Zuweilen werden die Wendenischen auch ohne Anwendung behauner Steine nur aus hart gebrannten Ziegeln aufgeführt. Bei uns pflegt man in diesem Fall Formsteine zu verwenden, damit die besonders feste Oberfläche oder die Brandkruste erhalten wird. Ein Ausschleifen der Wendenische, nachdem die Mauerarbeit vollendet ist, ist dabei aber immer nothwendig. In manchen und selbst in größern Niederländischen Schleusen fehlt die Werkstein-Einfassung, und ich sah einst in solchem Falle die Wendenische in eigenthümlicher Art aufmauern. Nachdem der hölzerne Schleusenboden fertig war, stellte man sogleich, also noch vor der Aufführung der Mauern, die Thore auf, lehnte sie scharf gegen die Schlag-schwellen und hielt sie in ihrer Stellung durch mehrere Streben, die von beiden Seiten dagegen getrieben und genagelt waren. Jeder einzelne Klinker, der in die Fläche der Wendenische trat, wurde alsdann sorgfältig so zugehauen und geschliffen, daß er sich genau an die Wendesäule des Thors anschloß, und dieselbe vollständig berührte. Auch die Mörtelfuge erhielt dabei einen scharfen Schluß. Dieses Verfahren erscheint indessen insofern bedenklich, als die Thore dabei stark austrocknen und leicht sich verziehen, so daß sie später, wenn das Wasser eingelassen wird, eine andre Form annehmen und nicht mehr scharf schließen.

In manchen Fällen wird der dichte Schluß in massiven Wendenischen noch in andrer Art bewirkt. Bei den Englischen Canal-schleusen geschieht es nicht selten, daß eben so, wie die Thore unten gegen aufgebolzte hölzerne Schlagschwellen schlagen, sie auch zur Seite sich gegen hölzerne Stiele lehnen, worin die Wendenischen ausgeschnitten sind. Diese Stiele werden alsdann durch Schraubenbolzen, die in die Mauer eingelassen sind, befestigt. Wenn ein wasserdichter Schluß zwischen den Stielen und der Mauer

auf solche Art auch nicht dauerhaft zu bilden ist, so kann man ihn mit Leichtigkeit immer wieder herstellen, sobald starke Lecke sich zeigen.

Auch das Gufseisen ist zu diesem Zweck mehrfach benutzt worden. Nicht nur in England, sondern auch bei uns hat man zuweilen die Wendenischen durch eiserne, rinnenförmig gegossne Platten verkleidet. Fig. 295. *a* zeigt den Querschnitt einer eiser-
nen Wendenische, die beim Bau der Pareyer Schleuse (im Plauenschen Canal) eingesetzt wurde. Die gusseiserne gekrümmte Platte ist in der Wendenische selbst $\frac{1}{2}$ Zoll stark, die zu beiden Seiten vortretenden Lappen, die zur Befestigung dienen, haben dagegen eine Stärke von $\frac{3}{4}$ Zoll. Eiserne Schraubenbolzen, welche die Figur gleichfalls zeigt, sind mittelst Splinten in der Mauer befestigt, und gegen diese wird die Platte durch Schraubenmutter gehalten. Den wasserdichten Schluß stellt man dar, indem die Mauer stark und möglichst gleichmäfsig mit Mörtel beworfen, und während dieser noch weich ist, die Platte dagegen geschoben wird. Sollte der Mörtel sich mit der Zeit vom Gufseisen lösen, so muß die Platte abgenommen und die Mörtelfuge erneut werden.

Vortheilhafter dürfte es sein, die Platte ihrer ganzen Höhe nach mit einer angegossnen Rippe zu versehen, die in einen Falz eingreift. Letzterer wird besonders vorsichtig mit Mörtel gefüllt, und wenn alsdann die Platte aufgeschoben wird, dringt die Rippe in den Mörtel ein, und schließt sich scharf gegen denselben an, während sie zugleich, falls Wasseradern sich später eröffnen sollten, das Durchdringen derselben sehr erschwert, indem solche um die Rippe herum fließen müssen. Fig. 295. *b* zeigt diese Anordnung im Querschnitt.

Wenn über den zum gewöhnlichen Gebrauch bestimmten Schleusenthoren noch andere, nämlich die sogenannten Sturmthore angebracht sind, welche, wenn sie geschlossen, sich gegen die erstern, wie gegen Schlagschwellen lehnen (Fig. 259. auf Taf. XXXIV.), so müssen für die Sturmthore besondere Wendenischen eingerichtet werden, die jedoch nur bis zu den Rahmstücken der untern Thore herabreichen.

Ueber die Verankerung der Halsbänder, worin die obern Zapfen der Thore sich drehn, wird im Folgenden die Rede sein, hier wäre nur zu erwähnen, daß es bei uns üblich ist, diese Verankerung

noch zu übermauern, um sie durch starke Belastung sicher in ihrer Lage zu erhalten. Hierdurch entstehn die vortretenden Mauermassen auf den Häuptern, die man gewöhnlich Postamente nennt.

Dafs die Mauern zur Seite der Häupter mit festen Steinplatten entweder in ihrer ganzen Breite oder wenigstens auf dem äufsern Rande überdeckt werden, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Beschreibung einer Vorrichtung zur Unterstützung sehr grofser Schleusenthore, die einem starken Wasserdruck Widerstand leisten sollen, dürfte hier am passendsten ihre Stelle finden. Ein solcher Fall kommt bei den äufsern Schleusen des Nordholländischen Canals vor, und zwar bei denjenigen, die zum Durchgang der grölsten Schiffe dienen, die also nur selten benutzt werden. Der Unfall, der sich bald nach Erbauung der Buikslooter Schleuse ereignet hatte, wobei nämlich die Thore brachen und die Ueberschwemmung eines grofsen Theils der Provinz Nordholland zu besorgen war, gab Veranlassung zu dieser Maafsregel. Sowohl die Wilhelms-Schleuse, welche auf der Südseite, also aus dem Y den Eingang in den Canal bildet, als auch die nahe dahinter gelegne Schleuse bei Buiksloot, die bei einem leicht zu besorgenden Bruch des äufsern Deiches in Wirksamkeit tritt, haben bei der lichten Weite von 50 Fufs oft einen Wasserstand von 10 Fufs über dem Niveau des Canals abzuhalten. In jeder derselben wurde hinter den Oberthoren, die an der äufsern Seite liegen, noch ein zweiter Drempeel in der Höhe des Wasserspiegels im Canal dargestellt, gegen welchen die Thore zur Zeit der Gefahr sich lehnten.

Fig. 296 *a* zeigt diese Anordnung. Ein aus starken Balken gezimmertes Floss schwimmt auf dem Wasser. Indem es etwas schmaler, als die Schleuse ist, so kann es in dieselbe hineingeschoben und nahe an die Thore gelegt werden. Man befestigt es alsdann gegen die Mauern durch zwei senkrecht eingestellte Balken bei *A*, und durch zwei horizontale Streben bei *B*. Für jene, wie für diese, sind die erforderlichen Einschnitte in der Mauer angebracht.

Um das Thor an dieses Floss zu lehnen, reichen an der äufsern Seite sechs Paar kurze Balken etwa $1\frac{1}{2}$ Fuss weit über den Rand des Flosses hinaus, und an jedem Paar hängt neben den Thoren an einem durchgesteckten Bolzen ein besonders starker Balken, gegen welchen mehrere Thorriegel sich lehnen. Diese

Balken berühren indessen nicht unmittelbar das Floss, vielmehr bleibt dazwischen jedesmal ein freier Raum von 8 Zoll Weite, und in diesen treibt man, wenn die Thore gestützt werden sollen, Keile aus Eichenholz hinein, wodurch die ganze Verbindung die nöthige Spannung erhält. Die Figuren *b* und *c* zeigen die Stützbalken und Keile, und deren Verbindung mit dem Floss.

Nachdem vorstehend von den hölzernen und massiven Wänden der Schleusenhäupter die Rede gewesen ist, muss noch erwähnt werden, dass in einzelnen, wenn auch seltenen Fällen eiserne Schleusen vorkommen. Auf dem Ellesmere-Canal in Cheshire befanden sich Breston Castle gegenüber einige Schleusen, die zusammen 17 Fuss Gefälle hatten. Sie wurden wiederholentlich unterspült und stürzten ein, indem sie auf sehr lockerm sandigem Boden (Triebssand) standen. Telford entschloss sich, beim Umbau derselben, sie möglichst leicht, nämlich aus gusseisernen Platten aufzuführen. Nach Telford's Aeusserung*) hat diese Anwendung des Eisens sich vollständig bewährt, wenn auch die erste Anlage, unerachtet der dortigen geringen Eisenpreise etwas kostbar war. Jede dieser Schleusen ist 15 Fuss weit, zwischen den Thoren 74 Fuss lang, die Höhe der Wände über dem Unterboden beträgt 15 und über dem Oberboden 6 Fuss. Das Grundwerk besteht aus einem leichten Rost, indem jeder Grundbalken nur durch zwei Pfähle unter den Seitenwänden getragen wird, wie Fig. 263 auf Taf. XXXVI zeigt. Diese Grundbalken sind 15 Fuss von einander entfernt. Die gusseisernen, mit Verstärkungs-Rippen versehenen Bodenplatten reichen von einer Seitenwand bis zur andern, und sind jedesmal 5 Fuss breit, die Seitenplatten dagegen, deren drei über einander stehn, sind 15 Fuss lang und so gestellt, dass die Stossfugen nicht über einander treffen. Die Verankerung ergiebt sich aus der Figur. In den Häuptern setzt sich dieselbe Anordnung fort, die Thornschen, so wie auch die Wendenischen sind durch passend geformte Platten dargestellt, und eben so besteht der Abfallboden aus einer solchen. Die Platten, worauf die Drempele liegen sind mit je zwei aufwärts gekehrten Rippen versehen, zwischen welche die hölzernen Schlagschwellen eingelassen sind. In gleicher Art befindet sich zwischen den zu beiden Seiten des Oberhauptes angebrachten Damm-

*) *Life of Telford.* Seite 37.

falzen ein hölzerner Balken, der wieder zwischen zwei Rippen liegt. Unter demselben steht eine Spundwand, die einzige in der ganzen Schleuse. Der Abfallboden ist mit doppelten Bohlen bekleidet, damit die von unten in die Schleuse einfahrenden Schiffe nicht etwa gegen die gusseiserne Platte stossen.

In den Häuptern der Schleuse befinden sich zuweilen Umläufe, dieses sind Seitencanäle, wodurch die Kammern mit dem Oberwasser, zuweilen auch mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden. Bei den meisten Schleusen fehlen sie, indem die Kammern durch Schutzöffnungen in den Thoren gefüllt und geleert werden.

Die obern Mündungen der Umläufe werden stets in den Thornischen angebracht, indem sie nur bei geschlossnen Thoren in Wirksamkeit treten, die untern Mündungen dagegen in den Kammerwänden, zuweilen auch im Abfallboden. Bei den Unterhäuptern liegen sie in den Flügelmauern. Die Sohlen der obern Mündungen befinden sich in der Höhe der Thorkammerböden, während die untern Mündungen unter dem Horizont des Unterwassers austreten.

Auf diese Weise bildet sich in dem Umlauf des Oberhauptes oft ein starkes Gefälle und bei gleichem Querschnitt wird mehr Wasser abgeführt, als durch ein Schütz, das über dem Unterwasser angebracht ist. Die Schleuse füllt sich also schneller, und dieses ist ein Grund, weshalb man zuweilen Umläufe wählt. Ausserdem gewähren dieselben in den Oberhäuptern den Vorthail, dass man die Verbindung niedriger Thore nicht durch Anbringung von Schütz-Oeffnungen schwächen darf, wodurch namentlich die passende Richtung der Streben oft behindert wird. Endlich tritt bei hohen Abfallböden leicht die Gefahr ein, dass das von diesen herabstürzende Wasser sich in die daneben liegenden Schiffe ergiesst. Keiner von diesen Gründen spricht für die Anbringung von Umläufen in den Unterhäuptern, dagegen kann der grössere Querschnitt derselben auch hier die Entleerung der Kammer beschleunigen, und in manchen Fällen, namentlich wenn man cylindrische Röhren benutzt, wird die Anlage der Umläufe, so wie auch die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen derselben so bequem, dass hierin wohl der Grund zu suchen ist, weshalb man sie, besonders in England und zwar in beiden Schleusenhäuptern so häufig ausführt.

Gewöhnlich, und namentlich bei grössern Schleusen giebt man

den Umläufen solche Dimensionen, dass bei vorkommenden Reparaturen, oder wenn Reinigungen derselben nothwendig sein sollten, Arbeiter hineingehn können. So hat die Fig. 289 auf Taf. XLI dargestellte Schleuse bei Brieskow Umläufe von 3 Fuss Weite und $4\frac{1}{2}$ Fuss Höhe. Sie bilden überwölbte Canäle, welche ganz in der Mauer liegen und sich zu beiden Seiten um den Oberdempel bis zur Schleusenkammer erstrecken. Sie sind daher im Grundriss scharf gekrümmt und zeigen im Längen-Profil das ganze Gefälle der Schleuse. Wenn man dieses Gefälle gleichmässig auf ihre Länge vertheilt hätte, so wäre ihre Ausführung wegen der Krümmung in der horizontalen Projection sehr erschwert worden, und überdiess hielt man es auch für bedenklich, den ganzen Umlauf dem Angriff der heftigen Strömung auszusetzen. Man bildete daher an einer bestimmten Stelle den Wassersturz und wendete hier alle Vorsicht an, um denselben unschädlich zu machen, während der vorhergehende, sowie der folgende Theil des Canals, worin die Krümmungen liegen, welche der Grundriss zeigt, horizontal geführt ist.

Es ist indessen zweifelhaft, ob der beabsichtigte Zweck durch diese Anordnung erreicht wird. Wenn nämlich der Umlauf ganz mit Wasser angefüllt ist, so wird die Geschwindigkeit des Stroms in demselben umgekehrt der Profilweite proportional sein, weil durch jedes Profil in der Zeiteinheit eine gleiche Wassermenge abgeführt wird. Hat daher der Umlauf in seiner ganzen Länge gleichen Querschnitt, und findet auch die Luft keinen Zutritt zu ihm, so ist die Geschwindigkeit an allen Stellen gleich gross und wird nur durch die Niveaudifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser bedingt.

Bringt man einen solchen Wassersturz an, oder verbindet man die beiden horizontalen Canäle des Umlaufs durch einen lothrecht abfallenden Schacht, so befindet sich das Schütz zuweilen unmittelbar vor demselben. Diese Anordnung ist Fig. 297 auf Taf. XLII dargestellt, vortheilhafter dürfte es jedoch sein, wie auch gewöhnlich geschieht, das Schütz in die Thornische, also in die obere Mündung des Umlaufs zu stellen, weil es alsdann besser beobachtet und in allen Theilen leichter wieder hergestellt werden kann. Man hat bei dieser Anordnung auch mehr Gelegenheit die Gegenstände zu entfernen, die etwa das Schliessen des Schützes verhindern möchten.

Bei der Brieskower Schleuse befindet sich in dem erwähnten Schacht eine verengte Stelle, worin ein gusseiserner Rahmen

befestigt ist. Letzterer hat eine quadratische Oeffnung von 2 Fuss Weite. Die obere Fläche des Rahmens ist abgeschliffen und darauf liegt eine gleichfalls abgeschliffne eiserne Platte, die um eine horizontale Achse an der hintern Seite gedreht und mittelst einer darüber gestellten Winde gehoben werden kann, wie Fig. 298 zeigt. In dieser Figur, wie in der vorhergehenden, bemerkt man auch die starken Granitplatten, womit der Boden unterhalb des Sturzes gesichert ist.

Wenn man Schütze zum Schliessen der Umläufe anwendet, so lehnen diese sich zuweilen gegen Rahmen aus Werkstücken, wie dieses bei den Schleusen am Finow-Canal der Fall ist (Fig. 297). Auch bei den in Holland mehrfach ausgeführten Fächerschleusen, wo die Umläufe nicht entbehrt werden können, geschieht dieses gewöhnlich. Fig. 299 *a*, *b* und *c* zeigt einen solchen Verschluss von vorn, von der Seite und im horizontalen Querschnitt. Die steinernen Seitenstiele sind nicht nur an der innern Seite zum Einlassen des Schützes mit Rinnen versehen, sondern sie haben auch auswärts ähnliche Falze, in welche das Ziegelmauerwerk einbindet. Sie stehn mit Versatzung auf der Schwelle auf, und werden durch zwei in gleicher Weise damit verbundene schmale Steine überdeckt, die als Rahmen das darüber aufgeführte Mauerwerk tragen. Sie lassen aber zwischen sich einen Schlitz frei, durch welchen das Schütz aufgezogen werden kann, und ein solcher setzt sich bis zur Oberfläche der Mauer fort, wo er wieder durch zwei Werkstücke eingefasst ist.

Wenn das Schütz sich an der obern Mündung des Umlaufs befindet, so lässt man es häufig gegen einen hölzernen Rahmen lehnen, wobei wegen der geringeren Reibung die Bewegung erleichtert, auch der Schluss dichter wird. Man muss aber in diesem Fall den Rahmen von Zeit zu Zeit erneuern, und demnach seine Befestigung so anordnen, dass dieses ohne Beschädigung des Mauerwerks geschehn kann.

Bei manchen Schleusen sind die Umläufe in der Art angeordnet, dass sie hinter den Thornischen des Oberhauptes sich sogleich senken, ohne die Längenrichtung der Schleuse zu verfolgen, alsdann aber unter den Oberboden treten, und am Fuss des Abfallbodens in die Schleusenkammer münden. Diese Einrichtung ist bei den erwähnten eisernen Schleusen am Ellesmere-Canal gewählt

worden, und zwar bestehn die Umläufe hier, wie Fig. 263 auf Taf. XXXVI zeigt, aus gusseisernen Röhren, die, ohne sich zu verbinden, einzeln in die Schleusenkammer treten. Dasselbe geschieht auch bei andern kleinen Canal-Schleusen in England.

Für die massiven Schleusen des Ellesmeres-Canals wählte dagegen Telford die in Fig. 262 dargestellte Anordnung, welche auch sonst vielfach vorkommt. Dabei verbinden sich die beiden gemauerten Umläufe unter dem Thorkammerboden und treten in einem überwölbten Canal in die Schleusenkammer. In derselben Art hat auch Gauthey *) die Schleusen des Canal du Centre eingerichtet. Die Umläufe bestehn daselbst vor ihrer Vereinigung aus cylindrischen und zwar steinernen Röhren. Von dem dabei gewählten eigenthümlichen Verschluss der Umläufe wird später die Rede sein.

Vielfach geschieht es, dass in einzelnen Canalstrecken der Wasserstand sich besonders stark zu senken pflegt, und in diesem Falle muss man dafür sorgen, den Verlust, so oft es nöthig ist, von oben her zu ersetzen, ohne dass die Schleuse selbst stark durchströmt wird. Man erbaut alsdann daneben besondere Freiarchen, oder wenn es sich nur um mässige Zuströmung handelt, so bringt man auch wohl in der Schleusenmauer den Zuführungs-Canal an, und wenn man diesen mit der Kammer in Verbindung setzt und dafür sorgt, dass er nicht nur an beiden Enden, sondern auch in dieser Verbindung durch Schütze geschlossen werden kann, so bilden sich dadurch zugleich Umläufe für das Ober- wie für das Unterhaupt.

Zu den Häuptern gehören endlich auch noch die Flügelmauern und die hölzernen Flügelwände. Ihre Construction stimmt mit derjenigen der Schälungsmauern und Bohlwerke genau überein. Bei der Bestimmung ihrer Lage und Richtung ist aber vorzugsweise darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Schiffe bequem in die Schleuse einfahren und daraus ausgehn können. Hierüber wird später das Erforderliche mitgetheilt werden.

*) *Oeuvres de Gauthey. Tome III. Paris 1826.*

§. 66.

Anordnung der Thore.

Gewöhnlich stehn zwei Schleusenthore einander gegenüber, die, wenn sie geschlossen sind, sich unter einem stumpfen Winkel berühren, oder gegen einander stemmen. Man nennt sie Stemmthore. Bei kleinen Schleusen, namentlich in England, kommen auch häufig einfache Thore vor, welche die ganze Oeffnung überspannen und sich gegen eine einzelne gerade Schlagschwelle, sowie auch gegen Falze in beiden Schleusenmauern lehnen. Endlich findet man, und zwar in Nordamerika, noch Schleusenthore, welche sich nicht um eine senkrechte, sondern um eine horizontale Achse drehn, und beim Oeffnen sich flach auf den Schleusenboden legen. Sie werden auch beim Durchschleusen der Schiffe benutzt, doch haben sie zugleich noch den andern Zweck, grosse Wassermassen durch die Schleuse abzuführen (§. 47, Fig. 193 auf Taf. XXII).

Jedes Schleusenthor, mag es ein Stemmthor oder ein einfaches Thor sein, erleidet, wenn es geschlossen und der Wasserstand zu beiden Seiten verschieden ist, in jedem Theile seiner Fläche unter dem Oberwasser einen gewissen Druck, der normal gegen die Fläche gerichtet ist. Von dem Niveau des Oberwassers bis zu dem des Unterwassers nimmt dieser Druck stätig zu, bis er in der Höhe des Unterwassers sein Maximum erreicht, das sich von hier ab unverändert bis zum untern Rande des Thors fortsetzt. Dieser untere Rand lehnt sich gegen die Schlagschwelle und überträgt auf letztere unmittelbar den Druck, der ihn trifft. In gleicher Art lehnt sich ein Seitenrand jedes Thors an die Wendenische, und auch hier darf man die unmittelbare Uebertragung des Drucks voraussetzen. Bei einfachen Thoren bleibt auf beiden Seiten ein solcher Rand aufser Betracht. Die dem Druck ausgesetzte Fläche des Thors stimmt also mit der Fläche überein, die auf der Seite des Unterwassers nicht verdeckt ist und vom Spiegel des Oberwassers begrenzt wird. Die Stärke des Drucks auf jeden Theil dieser Fläche ist leicht zu finden, und man kann sonach theils den Druck, den

das ganze Thor, theils auch denjenigen, den jeder horizontale Abschnitt desselben von beliebiger Höhe erleidet, berechnen.

Das Thor muß so fest sein, daß es diesem Wasserdruck nicht nur an sich widersteht, sondern jeder einzelne Theil desselben darf auch unter dem ihn treffenden Druck nicht brechen und nicht merklich gebogen werden. Es ist nöthig zuvor die Zusammensetzung der Thore anzugeben, ehe nachgewiesen wird, in welcher Weise man vorstehenden Bedingungen genügt.

Das Schleusenthor ist an einer Seite von der Wendesäule, um die es sich dreht, und auf der andern von der Schlagsäule begrenzt, welche bei einem Stemmthor sich gegen die Schlagsäule des zweiten Thors, bei einem einfachen Thor dagegen an einen Vorsprung der Schleusenwand lehnt. Oben befindet sich der obere, und unten der Schwellrahm, der bei geschlossenem Thor an der Schlagschwelle liegt. Diese vier Verbandstücke bilden den Rahmen des Thors. Zur Verstärkung desselben befinden sich darin jedesmal mehrere, und oft eine grosse Anzahl von horizontalen Riegeln, ausserdem häufig auch Mittelstiele und eine oder zwei Streben, welche das Sacken des Thors verhindern. Ueber diesen sämtlichen innern Verbandstücken fort ist das Thor auf der Seite des Oberwassers durch den Bohlenbelag wasserdicht verkleidet.

Die Bohlen werden in Falze der äussern Verbandstücke eingelassen, so dass das ganze Thor auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine continuirliche Fläche, gewöhnlich eine Ebene bildet, die von den äussern Verbandstücken begrenzt wird. Im Innern dieser Fläche liegen die Bohlen auf den Riegeln und den Mittelstielen auf, wenn von den Streben abgesehn wird. Es fragt sich, ob sie von den Riegeln oder den Stielen sicherer unterstützt werden. Die Stiele greifen in den obern Rahm, übertragen also einen Theil des Drucks, den sie erfahren, auf diesen, und derselbe wird sonach, da er frei liegt, stark in Anspruch genommen. Die Riegel dagegen liegen an beiden Enden entweder auf Vorsprüngen der Schleusen-Wände auf, oder bei Stemmthoren stützen sie sich gegen einander, und übertragen den Druck, dem sie ausgesetzt sind, auf die Wendenischen. Sie bieten also dem Bohlenbelag feste Unterstützungs-Punkte. Berücksichtigt man aber die Verstärkung des Drucks in grössrer Tiefe, so würde man, um allen Theilen gleiche Widerstandsfähigkeit zu geben, unten stärkere Bohlen an-

wenden müssen, als oben wenn dieselben auf den lothrechten Stielen aufliegen. Wählt man dagegen die Riegel zur Unterstützung der Bohlen, die in diesem Falle lothrecht oder doch nur mässig geneigt aufgenagelt werden, so kann man sie leicht, wie bei hohen Schleusenthoren auch immer geschieht, dadurch widerstandsfähiger machen, dass man die untern Riegel näher an einander legt, als die obern. Aus diesen Gründen werden allgemein die Riegel vorzugsweise, und oft sogar ausschliesslich, zur Unterstützung der Bohlen benutzt. Die Stiele sind für diesen Zweck alsdann entbehrlich, wie sie auch in den Niederländischen, Englischen und Französischen Schleusen ganz fehlen.

Die Bohlen sind um so widerstandsfähiger, je kleiner die Längen sind, in welchen sie frei liegen, und hieraus folgt, dass bei gleichem Abstände der Riegel die Bohlen bei senkrechter Stellung am wenigsten der Gefahr des Durchbrechens ausgesetzt sind. Man bringt sie in der That bei auswärtigen Schleusen auch meist lothrecht an. Bei uns dagegen ist es üblich, sie noch als Streben gegen das Sacken der Thore zu benutzen, und sie daher schräge zu stellen.

Sganzin vergleicht*) bei mehreren Schleusen vorzugsweise in französischen Seehäfen den Druck, dem die einzelnen Riegel ausgesetzt sind, mit ihrer Festigkeit gegen das Zerbrechen, und findet, dass das Verhältniss sich durchschnittlich auf ein Drittel, in einem Falle aber, nämlich bei einer Schleuse in Antwerpen, auf mehr als die Hälfte stellt. Er erwähnt zugleich, dass bei Canal-schleusen der Druck gewöhnlich nur dem fünften, höchstens dem vierten Theil der Festigkeit gleich zu kommen pflegt.

Wie sehr nach vorstehender Betrachtung auch die Vorschrift sich begründet, dass man die Riegel unter dem niedrigsten Unterwasser näher an einander legen muss, als die obern, so ist doch nicht zu übersehn, dass die obern Riegel andern, und zum Theil sehr bedeutenden Beschädigungen ausgesetzt sind, die bei den untern nicht vorkommen. Hieher gehören vorzugsweise die heftigen Erschütterungen beim Gegenstossen der Schiffe und die schnelle Abnutzung des Holzes, welches in kurzen Zwischenzeiten benetzt

*) *Cours de construction des ouvrages de la navigation des rivières.* Paris 1841, Seite 209.

und dann wieder in der Luft ausgetrocknet wird. Die Erfahrung zeigt auch, dass die Riegel zwischen dem Ober- und Unterwasser am leichtesten brechen. Man wird daher bei Anordnung der Thore diese Umstände gleichfalls berücksichtigen und namentlich sich hüten müssen, diese Riegel durch Ueberschneidung zu sehr zu schwächen.

Es ist bekannt, dass gekrümmte Balken, die mit der Krümmung aufwärts verlegt werden, grössere Lasten tragen, als eben so starke gerade Balken, wenn ihre Enden nicht nur sicher aufliegen, sondern auch in der Längsrichtung so festgehalten werden, dass sie nicht rückwärts ausweichen, also nicht von einander sich entfernen können. Durch dieselbe Anordnung kann man in Stemmthoren sowol die Riegel, als auch den obern Rahm gegen den horizontalen Wasserdruck wesentlich verstärken, wenn man dazu gekrümmte Hölzer verwendet, die so verlegt werden, dass die convexe Seite in horizontaler Richtung dem Oberwasser zugekehrt ist. Jedes Thor bildet alsdann eine Art von horizontalem Gewölbe. Das eine Widerlager desselben ist die Wendenische und das andre die Schlagsäule des gegenüber stehenden Thors. Bei der symmetrischen Anordnung beider Thore, üben sie gleichen Druck gegen einander aus, und jedes hebt sonach den Druck, den es in seiner Längsrichtung erfährt vollständig auf. Mit Rücksicht auf die Construction begnügt man sich mit sehr mässigen Krümmungen der Thore, die meist weit hinter denjenigen zurückbleiben, welche bei ausschliesslicher Berücksichtigung der Festigkeits-Verhältnisse sich als die vortheilhaftesten herausstellen würden*). Im Folgenden werden verschiedene Beispiele solcher gekrümmten Thore theils in Holz- und theils in Eisen-Construction mitgetheilt werden.

Bisher ist vorausgesetzt, dass das Thor, sobald der Wasserdruck darauf wirkt, an beiden Seiten vollständig unterstützt ist, oder dass sowol der obere Rahm, wie auch jeder Riegel an beiden Enden nicht nur fest aufliegt, sondern wenn er gekrümmt ist, auch ein festes Widerlager findet. Dieses geschieht bei einfachen Thoren in der ersten Art, bei Stemmthoren stellen sich die Verhältnisse wesentlich anders. Jedes Stemmthor lehnt sich nur auf einer Seite

*) Zeitschrift des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Vereins. Band V. Seite 59.

an die Wendenische, auf der andern aber an den gegenüberstehenden Thorflügel. Wäre es absolut steif, so würde auch ohne diese letzte Unterstützung schon durch die Wendenische und die Schlagschwelle seine Lage und Form durch den Wasserdruck nicht geändert werden. Der Verband der Thore ist indessen keineswegs von der Art, dass man sie als absolut steif ansehen kann, sie werden vielmehr bei starkem Seitendruck und ungleichmässiger Unterstützung durchbiegen. Eine Folge hiervon ist, dass beide Thore in der Linie, wo sie sich berühren, und namentlich im obern Theil, nach der Seite des Unterwassers herübergedrängt werden, wenn dieses nicht auf andere Weise verhindert wird.

Man begegnet dieser Biegung dadurch, dass man die Thore in ihrem Rücken stützt, so dass jede Verstrebung, welche durch zwei Riegel gebildet wird, auf keiner Seite ausweichen kann, und zwar muss jeder einzelne Riegel, wenn er sich auch nicht unmittelbar an die Seitenmauer stemmt, doch mittelbar durch die Wendesäule vollständig gestützt werden, oder letztere muss in der ganzen Höhe des Thors, sobald dieses geschlossen ist, mit ihrem Rücken die Höhlung der Wendenische berühren.

Der aus dem Zusammenstemmen beider Thore entstehende Druck nach der Längenrichtung derselben ist sehr bedeutend, und zwar um so stärker, je stumpfer der Winkel ist, den die beiden Schlagschwellen einschliessen

Die lichte Weite der Oeffnung AB Fig. 300 auf Taf. XLII sei gleich ω und CD oder die Höhe des gleichschenkligen Dreiecks gleich $\frac{1}{n} \omega$. Ferner bezeichne b den Abstand zweier Riegel, von Mitte zu Mitte gemessen, oder die Höhe desjenigen Theils eines Thors, dessen Druck einen Riegel trifft, h die Druckhöhe des Wassers, welche diesen Druck veranlasst und γ das Gewicht von einem Cubikfuss Wasser. Alsdann wird der ganze Druck, der diesen Theil des Thors trifft, gleich

$$\frac{1}{2} \omega h b \gamma \sqrt{1 + \frac{4}{n^2}}$$

sein. Die Hälfte desselben wird durch die Wendenische aufgehoben, die andre Hälfte wirkt am andern Ende des Thors und zwar normal auf dessen Ebne. Dieser Theil des Drucks ist also

$$P = \frac{1}{4} \omega h b \gamma \sqrt{1 + \frac{4}{n^2}}$$

Ein eben so starker Druck, der gegen die Ebne des andern Thors senkrecht gerichtet ist, wird von dem letztern ausgeübt. Diesen beiden Kräften müssen die Riegel durch ihre gegenseitige Strebung entgegenwirken. Bezeichnet man den entsprechenden Gegendruck in der Längenrichtung eines Riegels mit Q , so bemerkt man zunächst, dass kein Theil des Drucks P von einem Thore auf das andre sich überträgt, und in jedem Flügel die Kraft Q dem zugehörigen P entsprechen muss. Damit aber in der Richtung der Mittellinie der Schleuse Gleichgewicht stattfinde, muss

$$P \cdot \cos \varphi = Q \cdot \sin \varphi$$

sein, wenn der Winkel CBD oder CAD gleich φ gesetzt wird. Man hat aber auch

$$\tan \varphi = \frac{2}{n}$$

$$\text{aber } Q = \frac{P}{\tan \varphi}$$

$$= \frac{1}{2} n P$$

$$\text{daher } Q = \frac{1}{8} \omega h b \gamma \sqrt{n^2 + 4}$$

Setzt man beispielsweise

$$\omega = 30 \text{ Fuss}$$

$$h = 10 \text{ Fuss}$$

$$b = 3 \text{ Fuss}$$

$$\text{und } n = 4$$

so wird, da $\gamma = 61,73$ Pfd. ist, der Druck in der Längenrichtung des Riegels, oder

$$Q = 31047 \text{ Pfd.}$$

betragen, d. h. etwas über 310 Centner.

Es ergibt sich hieraus, dass die Wendesäule, auf welche der Druck des Riegels sich zunächst überträgt, durchbiegen wird, wenn sie nicht in ihrer ganzen Höhe, oder wenigstens an den Stellen, wo die Riegel in sie eingreifen, sich unmittelbar an die Wendensche lehnt. Die sämtlichen Riegel wirken aber auf sie in gleicher Richtung, so dass die Pressungen sich summiren. Der

untere Rahm liegt an der Schlagschwelle, der auf ihn treffende Druck verschwindet daher, und dadurch wird auch der untere Thorzapfen entlastet. Wenn dagegen auf die obern Thorzapfen die Pressungen aller Mittelriegel und des obern Rahms nach Maassgabe der Abstände übertragen werden, so liegt die Gefahr eines Bruchs sehr nahe. Diese Gefahr wird aber oft durch Zufälligkeiten noch vergrössert. Wenn z. B. die Oberthore einer Schleuse nicht vollständig geschlossen sind, während man die Schütze in den Unterthoren bereits öffnet, so schlagen jene mit Heftigkeit zusammen, und dann geschieht es leicht, dass der obere Zapfen, oder sein Halsband, oder die Verankerung desselben bricht, falls auf diese Theile der ganze Stoss übertragen wird. Bei See-Schleusen verursacht überdiess der Wellenschlag oft ein heftiges Zuschlagen der Thore. Wenn nämlich der Wasserstand in der Kammer mit dem äussern übereinstimmt, so schliessen sich die Thore bei jeder Welle, und öffnen sich sogleich wieder, wenn unmittelbar darauf die Vertiefung zwischen zwei Wellen herantritt. Ein solches Auf- und Zuschlagen der Thore ist höchst gefährlich, es lässt sich aber zuweilen, nicht vermeiden. Um so nöthiger wird daher hier die Vorsicht, die Wendesäulen unmittelbar gegen die Wendenischen zu stützen.

Als die Schleuse bei Buiksloot in der Nähe der südlichen Mündung des Nordholländischen Canals kaum fertig war, trat in ihr ein solches Auf- und Zuschlagen der äussern Thore ein. Das eine Halsband brach, die Thore schlugen um und trafen auf das zu ihrer Unterstützung dahinter gestellte zweite Thorpaar, welches sie zerschlugen. Sogleich bildete sich ein heftiger Strom in das Binnenland, der eine sehr verderbliche Inundation in dem südlichen Theile der Provinz Nordholland besorgen liess. Indem eine Menge Arbeiter in der Nähe beschäftigt, auch Baumaterial jeder Art vorhanden war, so gelang es, den Strom zu stopfen und die Niederung zu retten. Die Schleusenthore lehnten sich aber in dieser, wie in allen Schleusen des Nordholländischen Canals nur stumpf gegen den flachen Rand der Wendenische, ohne mit der Wendesäule die Kehle der Nische zu berühren. Fig. 296 auf Taf. XLII deutet die Lage des geschlossnen Thors in der Wendenische an, und dieser Umstand war wohl vorzugsweise Veranlassung des Bruchs. Auf den obern Zapfen übertrug sich der ganze Seitendruck der Riegel, und die Verankerung löste sich, indem die Steine, welche

die Splinte der Anker stützen sollten, zum Theil herausgeworfen wurden. Dazu kam freilich noch der ungünstige Umstand, dass der Mörtel sehr schlecht war. Man konnte denselben aus den entblössten Fugen leicht auskratzen und zwischen den Fingern zerreiben. Statt Trass anzuwenden, wie sonst geschieht, hatte man bei diesen wichtigen Bauten nur eine Art Ziegelmehl, nämlich gebrannten Schlick aus dem Y benutzt.

Bei Beschreibung des Canals von Briare macht Schulz auf die Nothwendigkeit einer solchen Stemmung der Schleusenthore schon aufmerksam*) und bezeichnet diese Unterlassung als Ursache, dass dort so viele Zapfen und Halsbänder gebrochen sind. Die Aufstellung dieser Thore war eigenthümlich. Die Drehungsachse befand sich nämlich hinter der Wendesäule, indem eine eiserne Oese in der Verlängerung der Mittellinie des Thors angebracht war, und zwei ähnliche oberhalb und unterhalb der erstern aus der Mauer vortraten, die mittelst eines runden Bolzens das Charnier bildeten, in welchem das Thor sich drehte. Die Wendesäule durfte dabei gar nicht cylindrisch bearbeitet sein, indem sie sich nur flach gegen die ebne Fläche der Mauer lehnte. Es übertrug sich also der starke Seitendruck der Thore auf die Charniere.

Perronet hatte beim Bau der Schleusen des Canals von Bourgogne**) schon die Bedingung aufgestellt, dass die Mittellinien der Thore, sobald sie geschlossen, die Wendenischen berühren müssten. Bei den Englischen Schleusen, und zwar eben sowohl bei den grössten, wie bei den kleinsten, wird durch die eigenthümliche Anordnung des Halsbandes hierfür vollständig gesorgt. Das Halsband umfasst nämlich den Zapfen des Thors nur auf der vordern Seite, die hintere Hälfte des Halsbandes fehlt ganz, kann also dem erwähnten Druck des Thors keinen Widersand leisten. Sobald demnach die Pressung in der Längenrichtung eines Thorflügels eintritt, wird letzterer von selbst soweit zurückgedrängt, bis er sich der Kehle der Wendenische fest anschliesst.

Der Grund, weshalb man diese Regel in vielen Fällen nicht befolgt, ist wohl darin zu suchen, dass man die Reibung zwischen der Wendesäule und der Wendenische vermeiden

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architektur. Seite 180.

**) *Oeuvres de Perronet*. Paris 1788. Seite 453.

will. Es ist kaum anzunehmen, dass diese Reibung sehr erheblich sein sollte, da bei der gewöhnlichen Einrichtung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder die Thore nicht um eine genau schliessende Achse sich drehn, vielmehr sehr bald die Zapfen, sowie auch die Halsbänder sich etwas ausschleifen, und die Thore daher nicht mehr scharf an der Wendenische anliegen,* sobald der Wasserdruck aufhört. Man kann sich von der Richtigkeit dieser Bemerkung leicht überzeugen, wenn man das Schliessen der Thore beobachtet. So lange der Wasserstand von beiden Seiten gleich ist, hängen die Thore etwas über, und die beiden Schlagstiele berühren sich nur oben, während man häufig die Fuge zwischen beiden Thoren deutlich wahrnehmen kann, die sich von oben nach unten erweitert. Wenn dagegen der Wasserstand auf der obern Seite gehoben, oder auf der untern Seite gesenkt wird, so bemerkt man, dass plötzlich beide Thore die senkrechte Stellung annehmen, indem jene Fuge sich schliesst, und die Thore scharf gegen die Wendesäulen gepresst werden. Hiernach ist die Anordnung, wonach die Wendenischen wie die Wendesäulen übereinstimmende cylindrische Flächen bilden und die Drehungsachse mit der cylindrischen Achse zusammenfällt, wohl zulässig. Der scharfe Schluss tritt nur ein, wenn der Wasserdruck wirksam ist, er fehlt also während der Drehung des Thors, und die Reibung ist in dieser Zeit nicht so stark, dass man, um sie zu vermeiden, die sehr wichtige Rücksicht auf die gehörige Unterstützung der Thore gegen den Seitendruck unbeachtet lassen müsste.

Man kann indessen diese Reibung für den grössten Theil des Weges, den das Thor bei der Drehung beschreibt, noch dadurch vermindern, dass man die Drehungsachse etwas von der Achse der cylindrischen Fläche der Wendesäule entfernt. Bei den Schleusen des Canals von St. Quentin fand Schulz im Jahre 1804 diese Anordnung schon vor. Eytelwein empfiehlt in seiner praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst dieses Versetzen der Drehungsachse, und es ist seitdem bei uns allgemein üblich geworden. Es besteht in Folgendem.

Man zeichne das Thor in beiden Stellungen, nämlich während es geschlossen und ganz geöffnet ist, wie Fig. 301 in *A* und *B* zeigt. In der Stellung *B* steht es parallel zur Mittellinie der Schleuse, und es ist dabei in dieser Richtung so weit zurückgezogen, als man

es zur Verhinderung jener Reibung von der Wendenische entfernen will. Der Mittelpunkt der cylindrischen Fläche der Wendensäule ist dabei von D nach D' gerückt. Damit der Mittelpunkt bei der Drehung des Thors diesen Weg beschreibt, muss die Drehungsachse in der Linie GH liegen, die man in der Mitte der Punkte D und D' auf deren Verbindungslinie senkrecht zieht. Nur in diesem Fall sind die Abstände dieser Punkte vom Drehungspunkt einander gleich. Ausserdem müssen aber auch die aus D und D' nach diesem Drehungspunkt gezogenen Linien also CD und CD' einen Winkel bilden, welcher dem Drehungswinkel des Thors gleich ist, weil bei der ganzen Drehung der Punkt D nach D' kommen soll. Um diese letzte Bedingung zu erfüllen, ziehe man die Mittellinien AK und BD des Thors. Der Winkel BDK ist das Complement des Drehungswinkels, und halbt man denselben durch die Linie DE , so wird C die Stelle der gesuchten Drehungsachse bezeichnen. Jeder der beiden Winkel bei D und D' in dem kleinen Dreieck ist nämlich nach der Construction gleich der Hälfte des Complements des Drehungswinkels, der Winkel DCD' stimmt also mit diesem Drehungswinkel überein.

Verlängert man die Linie BD bis zur Thornische, so ist $D'D = F'F$ oder dem grössten Abstände des geöffneten Thors von der Thornische gleich, weil beide Punkte in den mit gleichen Radien beschriebenen Kreislinien und in der Verbindungslinie beider Mittelpunkte derselben liegen. Gewöhnlich beschränkt man diesen Abstand auf einen halben oder äussersten Falls auf einen ganzen Zoll. In der Figur ist im Verhältniss zur Stärke des Thors eine viel bedeutendere Versetzung angenommen, weil die Construction bei dem kleinen Massstabe sonst nicht deutlich hätte dargestellt werden können.

Die Verbandstücke der Thore bestehn gewöhnlich aus Holz, doch hat man wegen der Vergänglichkeit desselben mehrfach auch Gusseisen und später auch gewalztes Eisen dazu verwendet. Obwohl die einzelnen Theile der Thore bereits beiläufig erwähnt sind, so scheint es angemessen, sie in einer vollständigen Zusammenstellung noch zu bezeichnen. Ich nehme dabei Bezug auf Fig. 302 a und b , woselbst sie sämmtlich angegeben sind, a ist die Ansicht vom Oberwasser, und b die Ansicht vom Unterwasser.

Die Wendensäule bildet entweder unmittelbar oder mittelst

eingesetzter eiserner Zapfen die Drehungsachse des Thors, und steht in der Wendenische. In den beiden Figuren *a* und *b* befindet sie sich auf den äussern Seiten. Sie ist nach der Fläche eines halben Cylinders bearbeitet, an welche sich die dem Oberwasser zugekehrte Fläche des Thors tangential anschliesst, wie der horizontale Durchschnitt *c* zeigt.

Die Schlagsäule, welche beide Figuren *a* und *b* auf den einander zugekehrten Seiten zeigen, steht der Wendesäule gegenüber. Wenn die Thore geschlossen sind, müssen die Schlagsäulen sich scharf berühren und einen wasserdichten Abschluss bilden. Um dieses vollständiger zu erreichen pflegt man, wie der horizontale Querschnitt *c* zeigt, die äussere Ecke abzustumpfen, damit die Berührung in einer Fläche von mässiger Breite erfolge. Häufig lässt man den Kopf der Schlagsäule $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuss über den obern Rahm vortreten, indem die Zugstangen oder die sonstigen Vorrichtungen, wodurch das Thor geöffnet und geschlossen wird, hier befestigt werden. Ausserdem werden die beiden vortretenden Köpfe auch wohl durch umgeschlungene Ketten verbunden, um das Auf- und Zugehn der Thore und das Zusammenschlagen derselben zu vermeiden, wenn der Wasserstand auf beiden Seiten derselbe ist, und sonach kein äusserer Druck statt findet.

Der untere Rahm oder Schwellrahm lehnt sich, sobald das Thor geschlossen ist, unmittelbar gegen die Schlagschwelle, an welche er gleichfalls wasserdicht sich anschliessen muss. Derselbe bildet mit der Wendesäule, Schlagsäule und dem

obern Rahm den Umfassungsrahmen des ganzen Thors. In manchen Fällen und namentlich bei kleinen Thoren setzt sich der obere Rahm über die Wendesäule fort, und der über die Schleusenwände vortretende Theil desselben, der Drehbaum genannt, (Fig. 262 und 264 auf Taf. XXXVI) dient alsdann theils zum Oeffnen und Schliessen des Thors, theils aber auch zum Gegengewicht, um das Sacken zu verhindern.

Die Thorriegel liegen zwischen dem obern und untern Rahm parallel zu denselben, und sind oft von beiden gar nicht verschieden. Nach dem oben Angeführten muss man sie als diejenigen Verbandstücke ansehen, auf welchen die Festigkeit des Thors vorzugsweise beruht. Sie treten häufig, wie Fig. 302 *c* zeigt, vor die Fläche des Umfassungstrahmens und zwar auf der nach dem Un-

terwasser gekehrter Seite bedeutend vor, um durch die grössere Holzstärke dem Wasserdruck einen kräftigen Widerstand entgegen zu setzen. Dieser Zweck wird, wie bereits erwähnt, um so vollständiger erreicht, wenn ihre vortretenden Enden sich unmittelbar theils gegen die Wendenischen und theils gegen einander lehnen, und sonach je zwei Riegel in einem Thorpaar für sich ein horizontales Sprengewerk bilden. Diese Anordnung kommt indessen nur selten vor, gewährt auch wohl für die Dauer keine grössere Sicherheit, indem das Hirnholz an den Enden der Riegel bald leidet.

Die Strebe, welche in den Fuß der Wendesäule und in den obern Rahm eingreift, hat den Zweck, das Sacken des Thors zu verhindern. Sie fehlt daher, sobald dieses Sacken auf andre Art vermieden wird. In manchen Fällen werden die Thore, besonders wenn sie sehr breit sind, durch zwei auch wohl durch drei parallele Streben unterstützt, von denen die obere von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte des obern Rahms reicht. In England sind die Streben nicht üblich.

Mittelstiele, welche die Höhe des Thors haben, und alle Riegel, so wie auch die Strebe kreuzen, kommen anderweitig nicht vor, sind vielmehr nur im nördlichen Deutschland üblich. Es ist bereits davon die Rede gewesen, daß sie nicht nur zur Verstärkung der Thore nichts beitragen, sondern letztere nur unnöthig belasten und sogar schwächen, indem die Riegel in den Kreuzungen überschritten werden müssen. Besonders nachtheilig wäre es, wenn die Kreuzung eines Mittelstiels mit derjenigen der Strebe auf derselben Stelle eines Riegels zusammenfiel, wodurch letzterer um so tiefer eingeschnitten werden müßte. Man vermeidet dieses, indem man theils die Riegel, theils auch die Strebe so anordnet, daß die Kreuzungen nicht zusammenfallen. Es ist aber nicht in Abrede zu stellen, daß dadurch diese Verbandstücke zuweilen eine weniger zweckmäßige Lage erhalten. Mittelstiele, welche nur von dem untern Rahm bis zum nächsten Riegel, oder von diesem bis zum folgenden reichen, kommen auch bei Niederländischen, Französischen und Englischen Schleusen vor. Der eben erwähnte Nachtheil tritt bei ihnen nicht ein, indem sie die Riegel nicht überschneiden. Sie dienen alsdann nur zur Einfassung der Schützöffnung.

Die benannten Verbandstücke werden auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors mit einer Bekleidung versehen,

welche die sämmtlichen Felder, mit Ausnahme der Schützöffnung wasserdicht schließt. Die äußere Oberfläche der Bekleidung bildet eine Ebne, oder zuweilen auch eine cylindrische Fläche. Gemeinhin bringt man sowohl bei hölzernen als auch bei eisernen Thoren eine hölzerne Bekleidung, aus einfachem Bohlenbelage bestehend, an, nur bei unsern Schleusen ist der doppelte Bohlenbelag üblich. In neuster Zeit hat auch das Eisen hierbei Anwendung gefunden, indem die Felder zwischen den eisernen Riegeln durch starke Bleche geschlossen werden.

Bei Beschreibung der Thore ist auch der Laufbrücken auf denselben zu erwähnen, die theils dem Publikum zur Benutzung überlassen werden, theils aber beim Durchschleusen der Schiffe, und namentlich zum Oeffnen der Schütze in den Thoren nicht entbehrt werden können. Wenn eine starke Passage über das Thor zu erwarten ist, so müssen diese Brücken nicht nur die erforderliche Breite haben, damit man an den Windevorrichtungen bequem vorüber gehn kann, sondern auch zu beiden Seiten mit leichten Geländern versehen sein. Da sie über die Seitenflächen der Thore vortreten, so verlegt man sie auf die Seite des Oberwassers, wo sie beim Oeffnen der Thore den Raum für den Durchgang der Schiffe nicht beengen, sondern sich über die Seitenmauern der Schleuse stellen. Es kommt sogar vor, daßs Fahrbrücken auf den Thoren angebracht werden. Dieses ist der Fall bei dem einfachen eisernen Thor in der 40 Fuß weiten Dockschleuse bei Al-loa in Schottland. *) Dieses Thor ist indessen ganz anders construirt, und besteht in einem $12\frac{1}{2}$ Fuß breiten Blechkasten, der nur so weit mit Wasser gefüllt wird, daßs der hydrostatische Druck ihn zum Theil trägt, während er außerdem auf 18 Rollen ruht, die auf Eisenschienen laufen. Die Brücke setzt sich auch rückwärts in einem kurzen Flügel, wie eine Drehbrücke fort.

Ferner ist die Befestigung der Thore von großer Wichtigkeit. Die Drehung erfolgt um die Wendesäule, doch würde die unmittelbare Benutzung derselben als Drehungsachse eine starke Reibung und Abnutzung veranlassen, woher man sie auf einen eisernen oder stählernen Zapfen im Schleusenboden stellt, der in einer eisernen oder metallnen Pfanne ruht. Auch oben wird häufig ein

*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1864. p. 40.

ähnlicher Zapfen angebracht, und das Halsband, welches denselben, oder auch wohl den runden Hals der Wendesäule umfaßt, muß nicht nur sicher in der Schleusenwand befestigt, sondern auch mit einer Vorrichtung versehen sein, welche ein Oeffnen oder Abheben desselben gestattet, damit man die oft erforderlichen Reparaturen der Thore vornehmen kann, ohne die Mauern abbrechen zu dürfen.

Das Schleusenthor ist aber noch in andrer Weise zu unterstützen. Es kann nämlich in demselben, da es nur auf einer Seite gehalten wird, ein höchst nachtheiliges Sacken entstehn. Um dieses zu verhindern, hat man verschiedenartige Mittel angewendet, von denen eines, nämlich die Strebe, bereits erwähnt ist, von den sonstigen Unterstützungen, so wie auch von den Schützen, den dazu gehörigen Winden und den Vorrichtungen zum Oeffnen der Thore wird im Folgenden die Rede sein.

§. 67.

Hölzerne Schleusenthore.

Hölzerne Thore sind im Allgemeinen mit geringeren Kosten, als eiserne darzustellen, vor den mit gußeisernen Verbandstücken versehenen haben sie auch den Vorzug, daß sie nicht so leicht brechen, wenn Schiffe dagegen stoßen. Die Vergänglichkeit des Holzes, namentlich in den obern Theilen, die abwechselnd dem höhern und dem niedrigeren Wasserstande ausgesetzt werden, veranlaßt indessen häufige Reparaturen und Erneuerungen, und dazu kommt noch, daß sehr hohe Thore, die selten benutzt werden, wie etwa die Fluththore (§. 63.), leicht die Form verändern, und wenn sie gebraucht werden sollen, nicht zum Schluß gebracht werden können.

Um den hölzernen Schleusenthoren eine möglichst lange Dauer zu sichern, muß man nicht nur gesunde und recht geradefasrige Holzstücke, sondern diese auch aus Holzarten wählen, die besonders fest sind und beim Wechsel der Nässe und Trockenheit am wenigsten leiden. Die Anwendung des Eichenholzes ist aus diesen Gründen ziemlich allgemein, wiewohl zuweilen einzelne

Theile der Thore auch aus kernigem Kiefernholz mit Vorthail dargestellt werden können.

Um einer Formveränderung der Thore, soweit es geschehn kann, vorzubeugen, muß man nicht nur für eine möglichst solide Verbindung sorgen, die das Verziehn oder Werfen einzelner Stücke verhindert, sondern man muß auch geradefasrige Hölzer wählen, die nicht stark über den Spahn geschnitten sind. Hierbei kommt indessen noch ein wesentlicher Umstand in Betracht, der zuweilen übersehn, oder dessen Wirkungen unrichtig beurtheilt werden. Das Schleusenthor bleibt nämlich theilweise immer in Berührung mit dem Wasser, und in vielen Fällen, namentlich bei Canälen mit unverändertem Wasserstande werden die Oberthore fortwährend fast in ihrer ganzen Höhe benetzt. Bei den Untherthoren geschieht dieses beim jedesmaligen Füllen der Kammer. Die Thore können daher, solange sie im Gebrauch sind, niemals ganz austrocknen. Wenn daher stark ausgetrocknetes Holz bei Anfertigung neuer Thore angewendet wird, so ist eine Formveränderung und zwar schon unmittelbar nach dem Einhängen derselben unvermeidlich. Der scharfe Schluss gegen die Wendenischen und Schlagschwellen, so wie auch der beiden Thore unter sich wird aufgehoben, und ausserdem treten, namentlich beim Quellen der Bekleidung Spannungen ein, welche die Festigkeit der ganzen Verbindung beeinträchtigen. Man meint häufig, aus diesem Quellen den Vorthail zu ziehn, dass das Thor um so dichter werden soll, aber dieser Vorthail ist durch sorgfältige Bearbeitung schon vollständig zu erreichen. Ausserdem ist man gewohnt, zur bessern Conservirung des Holzes, dasselbe zu theeren, und da es in andern Fällen allerdings bedenklich ist, einen Ueberzug, der das Austrocknen verhindert, auf nasses Holz aufzubringen, so glaubt man auch in diesem Fall zuvor für eine recht vollständige Austrocknung sorgen zu müssen, was sich wohl nicht rechtfertigt, während der Nutzen des Theerens in diesem Fall überhaupt zweifelhaft bleibt.

Das Quellen des Holzes bei zutretender Nässe zeigt sich vorzugsweise in der Querrichtung der Fasern, indem dieselben sich etwas von einander entfernen. In der Längenrichtung der Fasern ist es dagegen nur geringe, und scheint bei einigen Holzarten ganz zu fehlen. Die Riegel der Schleusenthore werden demnach wenig oder gar nicht verlängert, dagegen dehnt sich die Wendesäule und

die Schlagsäule in ihrer Breite oder in der Längenrichtung des Thors aus. Bei ersterer ist dieses besonders merklich, da sie gemeinhin 18 Zoll oder drüber breit ist. Ausserdem drängt die Bekleidung die beiden benannten Verbandstücke aus einander, so weit es geschehn kann, und in Folge dieser verschiednen Ursachen verlängert sich jeder einzelne Thorflügel, wenn er ganz trocken eingehängt war. Die beiden Flügel berühren sich demnach schon, ehe sie die Schlagschwellen treffen, und es bleibt eine Fuge unter den Thoren offen, durch welche ein starker Strahl mit Heftigkeit hindurchspritzt.

Die einzelnen Verbandstücke der Thore sind schon benannt worden. Bei unsern Fluss- und Canalschleusen kommen sie meist sämmtlich vor und zwar in der Art, wie Eytelwein in der praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst ihre Zusammensetzung beschrieben hat.

Fig. 302 *a*, *b* und *c* stellt ein solches Schleusenthor dar, nämlich *a* von der Seite des Oberwassers, und zwar mit der innern, jedoch ohne die äussre Bekleidung, *b* von dem Unterwasser aus gesehen und *c* von oben. Zur Beurtheilung der in den Figuren gewählten Dimensionen muss noch bemerkt werden, dass das Schleusenhaupt, worin dieses Thor sich befindet, 21 Fuss weit ist.

Die Zusammensetzung der Verbandstücke ergibt sich grossentheils aus den Figuren. Wo zwei Stücke sich kreuzen, sind beide überschritten, doppelte Ueberkreuzungen an derselben Stelle werden stets vermieden, wodurch die Stücke zu sehr geschwächt werden würden. Auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite befindet sich die Bekleidung des Thors, welche auf den Riegeln, den Mittelstielen und der Strebe aufliegt, dagegen in diejenigen Verbandstücke eingelassen ist, welche den äussern Rahmen bilden. Hiernach treten die Schlag- und Wendesäule, sowie der obere und untere Rahm um die Stärke der äussern Bekleidung vor den innern Verbandstücken auf dieser Seite des Thors vor. Im vorliegenden Beispiele beträgt die Stärke der äussern Bekleidung 1 Zoll.

Auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thors liegen die Verbandstücke frei, ihre äussern Seitenflächen fallen hier aber nicht in eine Ebne, da sie nicht sämmtlich dieselbe Stärke haben. Die Riegel, die besonders stark sein müssen, greifen über alle übrigen Verbandstücke fort, Die Strebe bleibt gleichfalls hinter den

Riegeln zurück, tritt aber vor die Mittelstiele vor, und greift ausserdem mit beiden Enden über die Wendesäule und den obern Rahm. Die Mittelstiele treten vor die äussern Verbandstücke nicht vor.

Diese äussern Verbandstücke sind, normal gegen die Ebne des Thors gemessen, 10 Zoll stark. Die Stärke der Mittelstiele ist um 1 Zoll geringer, indem die äussre Bekleidung darauf liegt. Die Strebe tritt auf der Seite des Unterwassers um 2 Zoll, und jeder Riegel um 4 Zoll vor die Mittelstiele und die äussern Verbandstücke vor. Die Strebe ist demnach 11 Zoll und die Riegel sind 13 Zoll stark. In den Kreuzungen der Mittelstiele und Riegel mit der Strebe sind erstere 5 Zoll, letztere ist dagegen nur 4 Zoll eingeschnitten. Andererseits sind die Mittelstiele, wo sie die Riegel treffen, 4 Zoll und die Riegel 5 Zoll eingeschnitten. Es ergibt sich hieraus, dass die Riegel stark geschwächt werden.

Die sämtlichen Verbandstücke mit Ausnahme der Wende- und Schlagsäule sind an jedem Ende mit doppelten Zapfen versehen. Ausserdem haben die Riegel und die Strebe noch Blattrapfen, womit sie über die Wende- und Schlagsäule und den obern Rahm greifen. Ferner ist die Strebe sowohl oben, als unten mit einer einfachen Versatzung versehen, und dasselbe findet auch an beiden Enden des obern und untern Rahms statt. Endlich pflegt man auch die Riegel 2 Zoll länger als den Zwischenraum zwischen der Schlag- und Wendesäule zuzuschneiden, und sie an jeder Seite einen Zoll tief in die letzterwähnten Verbandstücke einzulassen.

Die Wendesäule ist 18 Zoll breit, da sie das Thor trägt. Dass die Schlagsäule an derjenigen Seite, welche von der Wendesäule abgekehrt ist, schräge abgeschnitten wird, damit beide Wendesäulen, wenn die Thore geschlossen sind, in der Mittellinie des Hauptes sich berühren, ist bereits erwähnt. Häufig findet diese Berührung aber nicht in der ganzen Stärke der Schlagsäulen, sondern nur in einer Fläche von etwa 4 Zoll Breite statt, wodurch der Schluss genauer dargestellt werden kann. Endlich wäre noch zu erwähnen, dass man dem mittleren Theile des untern Rahms gemeinhin auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine um 4 Zoll grössere Stärke giebt, damit das Schütz oder die Schossthüre auf dieser Verstärkung, wie auf einem Fachbaum aufsteht. Es ist indessen ohne Nachtheil, ein Bohlenstück zu diesem Zweck an den untern Rahm zu nageln.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass alle Verbandstücke mit grosser Sorgfalt bearbeitet und die Zapfen, Zapfenlöcher und Versatzungen scharf schliessend zugeschnitten und ausgestossen werden müssen. Man pflegt aber, um das Eindringen des Wassers in die Zapfenlöcher zu verhindern, diese sowohl, wie auch die Zapfen und überhaupt alle sich berührenden Holzflächen mit heissem Theer zu bestreichen.

Bei der Zusammensetzung dieses Thors werden zuerst die beiden Mittelstiele mit der Strebe verbunden, alsdann bringt man die Riegel und die beiden Rahme auf. Zuletzt wird die Schlagsäule und Wendensäule eingesetzt. Alle Zapfen werden sodann mit einem oder zwei hölzernen Nägeln befestigt.

Nunmehr bringt man die Hauptbeschläge an, damit bei dem scharfen Eintreiben der Bohlen die Verbandstücke nicht aus einander gedrängt werden. Diese Beschläge bestehn, wie die Figuren zeigen, aus einem Bügel und sechs Winkelbändern. Der erste umfasst das obere Ende der Wendensäule und greift auf jeder Seite etwa 2 Fuss weit über den obern Rahm, die drei übrigen Ecken auf jeder Seite des Thors werden mit den sechs Winkelbändern versehn. Diese Beschläge werden sämmtlich in das Holz eingelassen. Die Winkelbänder an der dem Unterwasser zugekehrten Seite liegen hinter den Blattzapfen der Strebe. Zu bemerken ist hierbei noch, dass der eiserne Zapfen am obern Ende der Wendensäule, von dem später die Rede sein wird, schon vor dem Aufbringen des Bügels eingesetzt werden muss.

Die sämmtlichen beschriebnen Beschläge sind so angebracht, dass sie auf beiden Seiten des Thors sich genau gegenüberstehn, sie werden durch Schraubenbolzen oder verniethete Bolzen unmittelbar mit einander verbunden. Zur Unterstützung des Bügels, der die wichtigste Verbindung darstellt, pflegt man noch die obere Fläche des Oberrahms und in den vortretenden Kopf der Wendensäule eine gekröpfte Schiene einzulassen, welche auf den Oberrahm durch starke Nägel befestigt, und an der Wendensäule durch einen übergestreiften eisernen Ring gehalten wird. Diese Verbindung ist indessen von wenig Nutzen. Der erwähnte Ring verhindert dagegen das Reissen des Holzes und wird daher eben sowohl am obern, wie am untern Ende der Wendensäule angebracht. Auch pflegt man über den Kopf der Schlagsäule einen ähnlichen Ring zu ziehn,

Ausserdem werden noch, nachdem der Bohlenbelag aufgebracht ist, über denselben, also auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors, kurze Schienen eingelassen, welche jeden Riegel sowol mit der Wendesäule, wie mit der Schlagsäule verbinden. Oft haben diese Schienen auch eine T-förmige Gestalt, so dass sie die Säulen auf grössere Länge fassen. Ihre Befestigung erfolgt durch Schraubenbolzen.

Das im Vorstehenden beschriebne Thor wird bei uns gewöhnlich mit einer Bekleidung aus doppeltem Belage versehen. Diese Dielen werden auch nicht stumpf aufgenagelt, sondern greifen mit Falzen oder halber Spundung über einander. Man glaubt hierdurch eine vollständige Wasserdichtigkeit zu erreichen, es ist aber nicht zu verkennen, dass die Arbeit mühsamer, also kostbarer und der Belag zugleich weniger dauerhaft ist, als wenn man denselben aus einfachen Bohlen von der Stärke der beiden Lagen dargestellt hätte. Die schnellere Vergänglichkeit des Holzes im ersten Falle rührt davon her, dass der Zwischenraum nie vollständig gegen das Eintreten des Wassers geschützt werden kann, und die Fäulniss hier wenigstens eben so leicht als an den äussern Seiten beginnt, und sonach schneller als bei Verwendung stärkerer Bohlen den Belag durchdringt. Die Erfahrung zeigt sogar, dass die Fäulniss an den beiden sich berührenden oder innern Flächen stärker, als auswärts, erfolgt, und man bemerkt bei der Reparatur von Schleusenthoren häufig, dass solche doppelte Beläge von aussen und zwar an beiden Seiten noch gesund zu sein scheinen, während im Innern die Fäulniss schon in hohem Grade eingetreten ist. Die sich überdeckenden Falze im einzelnen Belage geben in gleicher Weise eine neue Veranlassung zur Beförderung der Fäulniss, und ausserdem trennen sich beim Ziehn und Reißen des Holzes oft die dünnen Federn, welche den Falz in der nebenliegenden Diele ausfüllen sollten. Dazu kommt noch, dass man den einfachen Belag, besonders wenn er aus stärkern Bohlen besteht, leicht wasserdicht machen kann, wie dieses bei Schiffen geschieht.

Sämmtliche Dielen, sowohl des untern, wie des obern Belages werden parallel zu der Strebe aufgebracht, damit sie letztere in ihrer Wirksamkeit unterstützen, auch greift jede Diele des untern Belages an beiden Enden in Zahnschnitte der Verbandstücke ein, wie Fig. 302 *a* zeigt.

Diese Dielen bestehn aus Eichenholz, sind meist $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll stark, und wie bereits erwähnt, mit halber Spundung versehn. Nachdem sie mit eisernen Nägeln befestigt sind, liegen sie in der Flucht der sämtlichen innern Verbandstücke, während die äussern 1 Zoll darüber vortreten.

Der äussere Dielenbelag von 1 Zoll Stärke wird darauf in gleicher Richtung, aber so aufgebracht, dass er die Fugen des untern überdeckt. Ausserdem fehlt dabei die Versatzung oder Verzahnung, doch sind die äussern Verbandstücke mit geraden Nuthen versehn, in welche dieser Belag eingreift. Jede Diele wird zweimal auf jedes Verbandstück genagelt, welches sie trifft. Der obere Belag ist alsdann mit der Wende- und Schlagsäule und dem obern und untern Rahm bündig.

Die sämtlichen Dielen der Bekleidung werden gleichfalls auf beiden Seiten getheert, und man pflegt sogar zwischen beide Dielenlagen noch Fliesspapier auszubreiten, um den Zwischenraum vollständiger auszufüllen und das Durchquellen des Wassers zu erschweren.

In einzelnen Fällen hat man bei Anwendung einer einfachen Bekleidung den Thoren dadurch eine grössere Dichtigkeit zu geben versucht, dass man in die Stossflächen der Bohlen, die weder mit ganzer, noch mit halber Spundung versehn waren, sehr feine Rinnen einhobelte, und in diese eiserne Federn trieb, die gleichzeitig immer in zwei Bohlen griffen und die Spundung vertraten. Bei der Briener Schleuse neben Cleve ist dieses geschehn, so wie auch an den Schleusen des Main-Donau-Canals.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich mit einem Schütz oder einer Schossthüre versehn ist, so wird diese vor dem untern Felde zwischen den beiden Mittelstielen angebracht. Dieses Feld erhält alsdann keine Bekleidung, es setzt sich aber der obere Dielenbelag bis an den Rand der Oeffnung fort. Die bereits erwähnte Verbreiterung des untern Rahms tritt in der Breite von 4 Zoll vor die Ebne der Bekleidung vor und zwar in solcher Länge, dass sie ausser dem mittleren Felde auch die beiden Stiele zur Seite desselben umfasst, wie Fig. 302 *a* und *c* zeigen. Sie bildet eine Schwelle, worauf theils das geschlossene Schütz aufsteht, theils aber auch die Schossthürleisten (welche den Griessäulen der Archen entsprechen) eingezapft sind. Letztere sind 4 Zoll stark und auf der innern Seite

mit einer 2 Zoll breiten und eben so tiefen Nuthe versehen, worin das Schütz mit dem Rande der untern Dielen-Lage eingreift. Diese Schossthürleisten stehn vor den Mittelstielen flach auf der Bekleidung des Thors und reichen bis zum obern Rahm herauf. Ausser der Verzapfung gegen die Schwelle werden sie noch mit allen Riegeln, dem Oberrahm und der Strebe durch Schraubenbolzen, oder durch verniethete Bolzen verbunden.

Das Schütz oder die Schossthüre wird in gleicher Weise zusammengesetzt wie §. 46 beschrieben. Von den mechanischen Vorrichtungen zum Oeffnen desselben wird später die Rede sein.

Um einen möglichst scharfen Schluss der beiden Schlagsäulen darzustellen während die untern Rahme die Schlagschwellen berühren, pflegt man die Thore zunächst um einige Linien breiter zu machen, als sie sein sollen. Wenn sie in diesem Zustande eingehängt und geschlossen werden, so bleibt zwischen ihnen und den Schlagschwellen eine Fuge offen. Man lehnt sie alsdann scharf gegen einander und befestigt sie in dieser Lage durch dagegen gestellte Streben, so dass sie unverändert stehn bleiben, wenn auch die gegenseitige Stemmung aufhört. Nunmehr schneidet man mit einer Blattsäge die Fuge zwischen beiden Schlagsäulen auf. Da der Schnitt von oben bis unten gleiche Weite hat, so wird man hierdurch die Schlagsäulen zur scharfen Berührung bringen. Wenn aber die Berührung der Schlagschwellen dabei noch nicht erfolgt, so werden die Thore wieder scharf gegen einander gedrückt, gehörig befestigt, und die Fuge wird auf's Neue aufgeschnitten. Dieses Verfahren setzt man so lange fort, bis endlich auch der scharfe Schluss gegen die Schlagschwellen dargestellt ist. Um jedoch nicht etwa die Thore dabei zu sehr zu verkürzen, muss man, sobald nur noch wenig fehlt, Sägen benutzen, die recht feine Schnitte machen.

Die in den Niederlanden übliche Zusammensetzung der Schleusenthore weicht in mancher Beziehung von der eben beschriebenen wesentlich ab, und ist jedenfalls einfacher. Fig. 303 auf Taf. XLIII *a*, *b* und *c* zeigt ein solches Thor *), nämlich *a* in der An-

*) Die Zeichnung ist aus *Baud's Coursus of de Waterbouwkunde II. Deel* entnommen, während für die Beschreibung auch D. J. Storm Buysing's *Waterbouwkunde* benutzt ist.

sicht vom Unterwasser, *b* vom Oberwasser, und *c* in einem durch die Schütz-Oeffnung gelegten horizontalen Durchschnitt.

Das Thor bildet in der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine Ebne, welche theils durch die äussern Verbandstücke, theils durch die Bekleidung, zum Theil aber auch durch die Strebe dargestellt wird. Die Wende- und Schlagsäule zeigen nichts Eigenthümliches. Dass man erstere oben und unten mit cylindrischem Halse versehn hat, bezieht sich mehr auf die Art der Befestigung, als der Construction des Thors. Die Stärke der Schlagsäule (senkrecht auf die Ebne des Thors gemessen) ist aber um einige Zoll geringer, als die der Wendesäule, und ebenso sind die beiden Rahme und die sämtlichen Riegel nicht in ihrer ganzen Länge gleich stark, vielmehr verjüngt sich jeder derselben von oben gesehen an der der Schlagsäule zugekehrten Seite, wie Fig. *c* zeigt. Diese Anordnung ist insofern zweckmässig, als dabei aus demselben Stamm ein stärkerer Riegel ausgeschnitten werden kann, als wenn man dem Verbandstücke parallele Seitenflächen giebt. Ein zweiter Grund für diese Anordnung ist, dass man hierdurch den Schwerpunkt aus der Mitte des Thors etwas entfernt, und denselben der Wendesäule nähert, und dadurch die Gefahr des Sackens mässigt.

Die Riegel treten an der Seite nach dem Oberwasser um die Stärke der Bekleidung, d. h. um 2 bis 3 Zoll gegen die äussern Verbandstücke zurück. An der andern Seite sind sie mit der Wende- und Schlagsäule und beiden Rahmen bündig.

Die horizontalen Verbandstücke sind sämtlich durch einfache, in die Wende- und Schlagsäule weit eingreifende Zapfen verbunden, wie die punktirten Linien in Fig. *a* zeigen. Die Zapfen der beiden Rahme setzen sich indessen nicht in der vollen Höhe bis an's Ende fort, sind vielmehr oben oder unten ausgeschnitten, wie die Figur gleichfalls zeigt, um die Köpfe der Säulen weniger zu schwächen. Ausserdem befinden sich an beiden Rahmen Versatzungen nach oben oder nach unten gekehrt, und die Riegel greifen einen Zoll weit in die Säulen ein. Wegen des Falzes in den Säulen behufs Befestigung der Bekleidung greifen endlich die Riegel, sowie auch die beiden Rahme an der dem Oberwasser zugekehrten Seite etwas tiefer ein, als an der entgegengesetzten.

Mittelstiele von der ganzen Höhe der Thore kommen nicht

vor, nur an den Seiten der Schützöffnung sind zwei schwache Stiele zwischen die nächsten Riegel eingesetzt.

Die Strebe, welche am obern Rahm und der Wendesäule durch einen flachen Zapfen in Form einer Versatzung befestigt ist, hat nur die Stärke von 5 bis 6 Zoll, und da sie selbst einen Theil der Bekleidung des Thors bildet, so steht sie vor der letztern, und zwar an der dem Unterwasser zugekehrten Seite nur 3 Zoll vor. Bei jeder Durchkreuzung ist der Riegel $1\frac{1}{2}$ Zoll, und eben so tief die Strebe eingeschnitten. Ausserdem ist aber noch jedesmal, wie die punktirten Linien in Fig. *a* zeigen, eine Versatzung gebildet, wodurch die Strebe jeden einzelnen Riegel unterstützt.

Vielfach sieht man auch in den Niederlanden Schleusenthore in welchen die Strebe nicht im Zusammenhange hindurchgeführt ist, vielmehr nur aus einzelnen Stücken besteht, die jedesmal in Verzahnungen der Riegel eingreifen und sich vom Fuss der Wendesäule bis gegen das äussere Ende des obern Rahms fortsetzen. Die Ueberschneidung wird hierbei vollständig umgangen, doch ist zu besorgen, dass solche zusammengesetzte Strebe durch tieferes Eindrücken in alle Riegel sich merklich verkürzt.

Alle Verbindungen werden durch Bestreichen mit Theer gedichtet, und die aus Eichenholz bestehenden Nägel, welche man durch die Zapfen treibt, werden gleichfalls vorher in heissen Theer getaucht.

Die Beschläge bestehn aus vier Bügeln, von denen drei um die Wendesäule und einer um die Schlagsäule gelegt sind. Sie sind sämmtlich in das Holz eingelassen. Dasselbe ist der Fall mit den einfachen und doppelten Winkelbändern. Die letzten treffen den mittleren Riegel. Zur Befestigung dieser Beschläge dienen eiserne Bolzen, welche jedesmal auf beiden Seiten des Thors die Schienen fassen, und entweder durch Schraubenmuttern oder durch verniethete Köpfe befestigt sind. Es muss indessen erwähnt werden, dass der mittlere Bügel und eben so auch die doppelten Winkelbänder, welche die Riegel treffen, auf der Bekleidung liegen, und daher erst eingesetzt werden können, nachdem letztere aufgebracht ist.

Die Bekleidung, welche nach Massgabe des Wasserdrucks aus 2 bis 3-zölligen eichnen Bohlen besteht, ist jederzeit nur einfach. Die Bohlen sind mit keiner Spundung versehen, und werden

parallel zur Strebe über die Riegel und an den Enden in Falze der äussern Verbandstücke genagelt. Diese Falze sind eben so breit, als tief. Die Dichtung der Bohlen geschieht in gleicher Weise, wie in den Schleusenböden, durch Kalfatern.

Die Schützöffnung wird, wenn es möglich ist, nicht ganz unten, sondern nur so tief angebracht, dass sie unter dem Unterwasser liegt. Die Schossthürleisten reichen nur bis zum zweiten Riegel herauf, und sind durch Zapfen und Versatzung mit einer Schwelle verbunden, die eben so, wie die Leisten, nachdem die Bekleidung aufgebracht ist, mit starken Spitzbolzen an die Riegel und die kurzen Mittelstiele genagelt werden.

Häufig wird das Versacken der Thore noch durch eiserne Zugbänder verhindert, die sich vom Kopf der Wendesäule bis zum Fuss der Schlagsäule erstrecken, und gemeinhin auf beiden Seiten der Thore angebracht sind. Vorzugsweise geschieht dieses bei breiteren Thoren, doch auch bei kleineren, besonders wenn die erwähnten Streben in demselben aus einzelnen Stücken zusammengesetzt sind, wobei aber die sämmtlichen Verbandstücke auf der innern Seite in einer Flucht liegen. Oft geht von dem starken Ring, der auf den Kopf der Wendesäule aufgetrieben ist, ein kurzes Zugband aus, welches auf dem obern Rahm liegt, und am Ende einen starken Bolzen trägt, in welchen beide schrägen Zugbänder eingreifen. Dieselben werden in der Mitte jedes Riegels durch Schraubenbolzen verbunden und ein solcher befestigt sie auch an den Fuss der Schlagsäule, der Bolzen ist hier durch die eisernen Winkelbänder hindurchgezogen.

Die Thore in den Französischen Canalschleusen weichen von den eben beschriebnen wenig ab. Sie haben gleichfalls keine durchgehenden Mittelstiele, die Streben treten aber auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite bis zur äussern Fläche des Bohlenbelags vor, bilden also einen Theil desselben, und haben nur mässige Stärke, so dass die Riegel in den Kreuzungen wenig geschwächt werden. Der Bohlenbelag besteht nur aus einer Lage und die Bohlen liegen stumpf an einander und sind zur Strebe parallel gerichtet.

Man pflegt auch die Streben dadurch zu verstärken, dass man auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite zwischen je zwei Riegel noch kurze Verbandstücke einsetzt und dieselben mit den

Streben verbindet. Hierbei wird jede kurze Strebe mit Versatzung an beiden Seiten in die Riegel eingelassen. Diese zweite Verstrebung würde indessen nur in geringem Maasse das Thor stützen, wenn man nicht dafür gesorgt hätte, ihre Spannung später noch zu verstärken, sobald sie bei der unvermeidlichen Compression der Riegel nach und nach schwächer geworden ist. Dieses geschieht dadurch, dass man jene kurzen Streben an den Enden nicht rechtwinklig, sondern etwas keilförmig zuschneidet und in gleicher Weise auch die Einschnitte in den Riegeln ausarbeitet. Sobald die Steifigkeit des Thors nachlässt, oder dasselbe zu sacken anfängt, braucht man nur die beiden Bolzen, welche jeden Theil der hintern Verstrebung mit der vordern Strebe verbinden, schärfer anzuziehen. Erstere dringt alsdann, wie ein Keil, tiefer zwischen die Riegel ein, und stellt die stärkere Spannung wieder her. Fig. 304 zeigt diese Anordnung. In der Seitenansicht des Thors *a* sieht man die zwischen die Riegel eingeschobnen Streben, im horizontalen Durchschnitte *b* ist die Verbindung derselben mit der durchgehenden Strebe dargestellt, und aus dem Durchschnitt *c*, nach der Mittellinie der Strebe, ergiebt sich die keilförmige Schmiege der kurzen Stücke. Selbst die durchgehende Strebe ist in den Einschnitten, womit sie die Riegel überspannt, etwas schräge geformt, damit sie um so schärfer aufgetrieben werden kann. Es ist kaum nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass beide Streben sich nicht unmittelbar berühren dürfen, vielmehr anfangs noch ein freier Zwischenraum zwischen denselben bleiben muss, damit sie, sobald es nöthig ist, einander genähert werden können.

Um das Sacken der Thore zu verhindern, pflegen die Französischen Ingenieure fast jedesmal noch eiserne Zugbänder, ähnlich den beschriebnen, anzubringen wobei gemeinhin noch besondere Vorkehrungen getroffen sind, um sie, sobald es nöthig ist, schärfer anzuziehen. Die verschiednen Anordnungen, welche das Sacken der Thore verhindern, sollen später, wenn von der Befestigung der Thore die Rede ist, speciell beschrieben werden.

Die Beschläge der Französischen Thore verdienen noch eine besondere Erwähnung. Bei manchen Thoren findet man keine andern Beschläge, als Bügel, die sowohl um die Wendesäule, als die Schlagsäule gelegt sind, und den obern und untern Rahm, sowie auch jeden zweiten oder dritten Riegel umfassen. Jedesmal wird der-

selbe Riegel aber sowol mit der Wendesäule, wie mit der Schlag-säule verbunden. Die Bügel werden in das Holz eingelassen, und zwar nicht nur in die Säulen und Rahme oder Riegel, sondern auch in die Bohlenbekleidung. Letztere muss daher schon früher aufgebracht sein. Zur Befestigung der Bügel dienen gemeinhin Schraubenbolzen, die aber nur durch die Rahme und Riegel gezogen sind, weil ein Bolzen, der durch die Säule selbst ginge, zur Verbindung nichts beitragen, vielmehr nur die Säule schwächen und ausserdem noch insofern nachtheilig wirken würde, als er das feste Anlegen des Bügels an die Säule verhinderte.

Die Bolzen versieht man häufig mit versenkten oder pyramidalen Köpfen, so dass sie ganz in die Schienen eingelassen werden, und das Thor sonach an der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine Ebne bildet, die durch keinen vorspringenden Bolzenkopf unterbrochen ist. Man kann indessen hierin noch weiter gehn, wie auch zuweilen geschieht, und das Vortreten der Bolzen und Schraubenmuttern auch an der dem Unterwasser zugekehrten Seite vermeiden, wenn man die sämtlichen Bolzenlöcher in den Bügeln oder Schienen stark konisch ausfeilt, und durch Verniethen auch an dieser Seite versenkte Köpfe darstellt. Diese Vorsicht ist gewiss zweckmässig, da der vorspringende Bolzen oder Bolzenkopf, sobald das Thor geöffnet ist, leicht das durchgehende Schiff treffen und dasselbe beschädigen kann.

Die Bolzen ziehn gemeinhin den Bügel nicht scharf an. Bei sorgfältiger Arbeit pflegt man freilich das Bohrloch nicht genau in der Mitte des Loches der Schiene anzubringen, es vielmehr etwas fortzurücken, damit der Bolzen, sobald er eingetrieben wird, schon die Schiene oder den Bügel spannt. Es lässt sich indessen auf diesem Wege keine bedeutende Spannung darstellen, und noch weniger ist man im Stande, sie wieder hervorzubringen, wenn der Bolzen nach und nach in das Holz, wogegen er lehnt, sich hineindrückt. Bei den Französischen Schleusenthoren wird diesem Uebelstande zuweilen durch Anbringung zweier Keile begegnet, da die Vorrichtung aber etwas complicirt ist und in der Behandlung Aufmerksamkeit erfordert, so begnügt man sich, sie nur bei dem wichtigsten Bügel, nämlich demjenigen, der den obern Rahm mit der Wendesäule verbindet, einzuführen.

Fig. 305 zeigt diese Anordnung, *a* in der Ansicht von der

Seite und *b* im horizontalen Durchschnitt durch die Mitte des Bügels. Der Bügel ist an beiden Enden, wo der Zug angebracht wird, mit langen viereckigen Oeffnungen versehen. Eine Oeffnung von gleichem Querschnitt befindet sich in dem Rahm, doch trifft sie nicht genau mit jenen erstern zusammen, ist vielmehr, wenn man den Bügel auflegt, etwa um einen halben Zoll weiter von der Wendesäule entfernt. Man schiebt zunächst zwei mit umgebognen Rändern versehne Eisenstäbe ein, von denen der eine (der zunächst der Wendesäule liegt) sich an die Wand des Loches im Rahm, und der andre sich an beide Schienen lehnt. Hierauf werden in entgegengesetzter Richtung zwei eiserne Treibkeile zwischen diese Stäbe geschlagen und dadurch die scharfe Spannung des Bügels bewirkt. Auch wenn später der erste Eisenstab sich tiefer in das Holz eindrücken sollte, kann man durch Nachtreiben der Keile die Spannung wieder herstellen. Damit der Bügel sich aber nicht vielleicht öffne, ist es vortheilhaft, dahinter noch einen Schraubenbolzen durchzuziehen, der aber in einem weiten Bohrloche liegen muss, damit er das Anziehen des Bügels nicht hindert.

Bei vielen Französischen Schleusenthoren kommt nur ein Bügel, nämlich oben an der Wendesäule vor, und oft fehlt auch dieser, indem der Beschlag nur aus Winkelbändern und Schienen besteht. Die Winkelbänder sind indessen von den oben beschriebenen gemeinhin darin verschieden, dass sie von der Wendesäule oder von der Schlagsäule mit zwei Armen auf zwei zunächst liegende Riegel oder einen Rahm und den nächsten Riegel reichen. Es kommen auch nicht selten dergleichen Bänder mit drei Armen vor, die einen Rahm mit den beiden nächsten Riegeln, oder drei Riegel unter sich verbinden. Wie diese Bänder auch gestaltet sein mögen, so liegen jedesmal zwei gleichgeformte auf beiden Seitenflächen des Thors gegenüber, die mit einander durch Bolzen verbunden sind, und ausserdem entsprechen die an der Wendesäule angebrachten auch denen an der Schlagsäule. Die Riegel sind also jedesmal entweder an beiden Enden mit den Säulen verbunden, oder die Eisenverbindung fehlt ihnen ganz.

Zuweilen besteht der Thorbeschlag auch in einfachen Schienen, die über einen Riegel fort von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, und an beide letztere besonders sorgfältig gebolzt sind. Sie verbinden diese also unmittelbar mit einander.

Ausserdem hat man in Frankreich an manchen Canalschleusen den Thoren dadurch eine grössere Festigkeit gegeben, dass man in die sämtlichen Winkel zwischen den Riegeln oder Rahmen und den Wende- und Schlagsäulen gusseiserne Eckstücke einsetzte, die durch Schrauben oder starke Nägel daran befestigt wurden. Dieses ist beispielsweise an den Thoren am Canal St. Quintin geschehn^{*)}. In demselben ist auch eine Verstrebung angebracht, indem, wie bereits beschrieben, zwischen die Riegel in gleicher Richtung kurze Strebe eingeschoben sind.

Bei den viel weiteren Dockschleusen der Seehäfen ist man in Frankreich schon seit langer Zeit von den bisher beschriebenen Constructionen abgegangen, um theils das Brechen, theils aber auch das Sacken der Thore zu verhindern. So bilden die Thore der im Anfange dieses Jahrhunderts vor dem Kriegshafen Cherbourg erbauten Schleuse in der dem Oberwasser zugekehrten Seiten cylindrische Flächen, die Riegel sind aber in der Mitte stärker, woher sie an der Seite des Unterwassers wieder Ebenen bilden. Jeder Riegel ist als verzahnter Balken aus mehreren Stücken zusammengesetzt.

Die lichte Oeffnung dieser Schleuse in den Häuptern beträgt 55 Fuss Rheinländisch und jedes Thor ist nahe 32 Fuss lang. Der Unterschied zwischen Fluth und Ebbe zur Zeit der Springfluthen beträgt 18 Fuss, und erreicht nicht selten die Höhe von 22 Fuss. Um diesem Druck gehörigen Widerstand zu leisten, sind die Thore noch dadurch verstärkt, dass in dem untern Theil derselben, nämlich auf 18 Fuss Höhe vierzehn solche Riegel unmittelbar auf einander liegen. Dabei konnten nicht alle Riegel mit Brüstungen in die Schlag- und Wendesäulen eingesetzt werden, dieses ist vielmehr nur bei jedem dritten Riegel geschehn. Die einfachen Zapfen der zwischenliegenden sind aber versetzt, um die Säulen nicht in denselben Fasern zu sehr zu schwächen. Die ganze Höhe eines Thors misst 35 Fuss.

Um das Sacken zu verhindern, verbinden zwei starke Zugbänder, die man durch eiserne Keile schärfer anspannen kann, den Kopf der Wendesäule mit dem Fuss der Schlagsäule, und ausser-

^{*)} *Annales des ponts et chaussées* 1866. I. pag. 126.

dem ruht das Thor neben der letzteren auf einem breiten Rade, das auf einer kreisförmigen Schiene läuft. Streben fehlen hier.

In den Englischen Schleusenthoren kommen mit seltenen Ausnahmen, wie etwa in den Schleusen des Canals von Carlisle Streben nicht vor. Die Thore bestehn nur aus Wende- und Schlagsäulen und Riegeln, die Ober- und Unterrahme unterscheiden sich aber durch nichts von den Riegeln. Die Bekleidung wird stets durch einfachen Bohlenbelag gebildet, worin die Bohlen lothrecht stehn. Zuweilen werden aber auch auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thors die Felder zwischen den Riegeln wasserdicht verkleidet.

Indem bei dieser Zusammensetzung der Thore alle Verbandstücke mit Einschluss der Bohlen unter rechten Winkeln zusammengesetzt sind, so kann eine Formveränderung leicht eintreten. Es muss daher jedesmal noch in andrer Weise dem Versacken der Thore vorgebeugt werden. Bei kleinern Schleusen geschieht dieses durch Anbringung der Drehbäume. Der obre Rahm setzt sich nämlich über die Wendesäule fort, und wird am äussern Ende mit Eisenmassen oder Steinen soweit beschwert, dass der erforderliche Gegendruck gegen das Thor bei seiner mittleren Eintauchung sich darstellt. Der Drehbaum dient überdiess auch zum Oeffnen und Schliessen des Thors.

Auf Taf. XXXVI sind mehrere Schleusenthore dieser Art dargestellt. Fig. 262 *c* zeigt die Thore der bereits erwähnten Schleuse auf dem Ellesmere-Chester-Canal. Diese Thore bestehn in den Hauptverbindungen aus Gusseisen, und nur die Drehbäume sind Holzstücke, die am hintern Ende besonders stark gehalten sind, um das Gegengewicht zu bilden. Fig. 264 *a* ist ein Oberthor und *b* ein Unterthor einer Schleuse des Ellesmere-Canals. Ersteres ist einfach, d. h. ein Thor schliesst die Oeffnung, letzteres ist ein gewöhnliches Stemmthor. Der kürzere Arm des Drehbaums greift mittelst Zapfen und Versatzung in die Schlagsäule und ist jedesmal durch einen Bügel oder durch gegenüberliegende Winkelbänder damit verbunden.

Dieselbe Anordnung ist auf Taf. XLIV in den Zeichnungen der Schleusenthore des Birmingham-Liverpool-Canals Fig. 311 *a* und *b* und des Rochdale-Canals Fig. 312 *a* und *b* dargestellt. Sie wiederholt sich beinahe bei allen Englischen Canalschleusen von

mässiger Weite, wenn nicht etwa besondere Umstände, wie Brücken, die Anbringung der Drehbäume verbieten. Auch die Nordamerikanischen Schleusenthore sind in gleicher Weise construiert. Fig. 265 *b* und *c* auf Taf. XXXVII zeigt die Thore einer Schleuse auf dem James-River und Kanawha-Canal.

Zu bemerken ist noch, dass die Schützöffnungen dieser Thore, um das Füllen und Leeren der Kammern zu beschleunigen, häufig von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, oder das ganze Feld zwischen den untern Riegeln durch das Schütz geschlossen wird. In diesem Fall fehlen demnach die Mittelstiele ganz. Wenn letztere aber auch angebracht werden, indem nur ein Theil jenes Feldes zur Schützöffnung benutzt wird, so reichen sie nur von einem Riegel bis zum andern, und bestehn aus schwachen Holzstücken, die allein zur Befestigung der Leisten dienen, worin die Schütze sich bewegen. Der Beschlag dieser Thore ist verschieden, doch werden dabei weniger die Bügel, als die Winkelbänder benutzt, und letztere sind am häufigsten mit zwei parallelen Armen versehen, so dass sie je zwei Riegel mit der Säule verbinden.

Bei grössern Schleusenthoren, die zum Durchlassen von Seeschiffen dienen, verbietet sich die Anwendung des Drehbaums, indem ein solcher in diesem Fall eine zu grosse Länge erhalten müsste, auch der Gefahr des Brechens ausgesetzt wäre, wenn er das Gegengewicht vollständig darstellen, oder zum Oeffnen des Thors benutzt werden sollte. Das Sacken des Thors wird alsdann fast jedesmal dadurch verhindert, dass man unter dem untern Rahm ein Rad anbringt, das auf einer im Thorkammerboden befestigten Schiene ruht. Das Thor wird also von diesem Rade getragen, und bei der Drehung desselben rollt letzteres auf der Schiene fort, während es in jeder Stellung die erforderliche Unterstützung findet. Von der Anordnung dieser Rollen soll später ausführlich die Rede sein.

Die Thore der Englischen Hafenschleusen zeigen noch eine andre Eigenthümlichkeit, indem ihre vordre Fläche keine Ebne bildet, sondern flach cylindrisch ist. Beide Thore bilden demnach, wenn sie geschlossen sind, im Grundriss die Form eines Spitzbogens (Fig. 309). Durch diese Anordnung werden, wie bereits erwähnt, die Riegel bei gleichem Querschnitt wesentlich verstärkt.

Das Maass dieser Krümmung oder das Verhältniss der Pfeil-

höhe zur Sehne ist in den Englischen Dockschleusen sehr verschieden. Im Allgemeinen ist die Gefahr eines Bruchs um so gröfser, je breiter das Thor ist, woher man dieses Verhältnifs um so mehr wachsen läfst, je gröfser die lichte Weite der Schleuse wird. Man pflegt indessen die Spitze des Drempels gewöhnlich so weit vorzurücken, dafs die Tangenten, die an die Krümmung der Thore neben den Schlagsäulen gezogen werden, mit der Schleusenachse einen Winkel von etwa 70 Graden bilden. Hierin stimmen die nachstehend benannten Schleusen ziemlich nahe mit einander überein, wiewohl die Winkel, welche die Sehnen der beiden Schlagschwellen einschliessen, und die Krümmungen der Thore sehr verschieden sind. Barlow *) hat diesen Gegenstand näher untersucht, und wenn seine Ansicht in Betreff des Drucks, den beide Thore auf einander ausüben, auch nicht richtig ist, und daher die Resultate, zu denen er gelangt, zweifelhaft bleiben, so ist wohl unbedingt ihm darin beizustimmen, dafs, wenn man das Bogen-Princip einführen will, die scharfe Kante in der Berührungslinie beider Thore nicht der gröfsten Widerstandsfähigkeit entspricht, vielmehr beide cylindrische Flächen in eine zusammenfallen müfsten, wenn diese Bedingung erfüllt werden sollte. Der Spitzbogen in der Architectur findet seine statische Begründung darin, dafs die Belastung der Spitze gröfser, als die der Schenkel ist, insofern die schichtenweise darüber geführte Mauer vorzugsweise von der höchsten Stelle des Bogens getragen wird. Bei den Schleusenthoren findet ein ähnliches Verhältnifs nicht statt, und es ist daher auch kein Grund vorhanden, den Bogen durch eine scharfe Kante zu unterbrechen. Barlow meint freilich, dafs die Unterbrechung der Holzverbindung auch die Unterbrechung der Form begründe. Es scheint indessen, dafs man die scharfe Kante vorzugsweise deshalb gewählt hat, um die Thore nicht zu stark zu krümmen. In einzelnen Fällen hat man namentlich eiserne Thore (wovon auch im Folgenden die Rede sein wird) so geformt, dafs sie sich zu einer stätigen cylindrischen Fläche ergänzen.

Barlow bezeichnet für verschiedene Dockschleusen die Krümmungen der Thore. Dieselben bilden jedesmal ein gleichschenkli-

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I. p. 67.*

ges Dreieck, in welchem jedoch die gleichen Seiten nicht gerade Linien, sondern Kreisbogen sind. Er fand folgende Verhältnisse

der Höhe des durch den Drempel gebildeten gleichschenkligen Dreiecks zur Basis desselben (a) und

der Pfeilhöhe zur Sehne der einzelnen gekrümmten Thore (b).

Verhältnisse

	a	b
in den London Docks	1 : 3,1	1 : 18
im Caledonischen Canale	1 : 4	1 : 25
in den Docks von Dundee	1 : 5,3	1 : 40
in den Westindischen Docks	1 : 4,6	1 : 38
in St. Katherines Docks	1 : 4,1	1 : 30
in den Docks zu Sheerness	1 : 3,5	1 : 12

Es ergibt sich hieraus, daß man in der That das zweite Verhältniß verstärkt, wenn das erste sich vergrößert.

Auf Taf. XLIV. sind zwei verschiedene grössere Thore von Dockschleusen dargestellt. Fig. 310 zeigt ein Thor des Prince's Dock in Liverpool. Dasselbe ist schon im Anfange dieses Jahrhunderts gebaut, und ist hier vorzugsweise wegen der eigenthümlichen Einrichtung zum Oeffnen der Schütze mitgetheilt, wovon später die Rede sein wird. Fig. 309 zeigt dagegen ein Thor des Junction-Dock in Hull, und zwar a in der Ansicht vom Unterwasser, b vom Oberwasser, d im vertikalen Durchschnitt und c in der Ansicht von oben, theils mit der Brücke, theils ohne dieselbe. Man bemerkt hierbei zunächst, daß die untern Riegel einander näher liegen, als die obern. Sie sind in die Schlag- und Wendesäule verzapft und mit Winkelbändern, die auf beiden Seiten übereinstimmend aufgebracht sind, damit verbunden.

In Betreff der Riegel ist zu erwähnen, daß dieselben, sobald es auf möglichste Verstärkung der Thore ankommt, unmittelbar aufeinander liegen. Dieses mußte z. B. an den Thoren der Schleuse vor dem Humber-Dock in Hull geschehn, nachdem mehrere Riegel, die sich nicht berührten, gebrochen waren. Bis zur Höhe von 10 Fufs legte man sie daher dicht schließend einen auf den andern und verband sie durch Schraubenbolzen. Dieselbe Anordnung ist auch in den Thoren des St. Katherines - Docks in London gewählt, woselbst sechs Riegel unmittelbar aufeinander liegen. Diese

schließen sich indessen nicht dem untern Rahm an, vielmehr befinden sich zwei Schützöffnungen dazwischen.

Insofern die Dockschleusen nur während des Hochwassers geöffnet werden, so dürfte es befremden, daß man bei jener Schleuse die Schütze so tief angebracht hat, da sie doch in größerer Höhe auch eben so wirksam gewesen wären. Man senkte sie indessen wohl bis zum untern Rahm, damit sie zur Spülung des Thorkammerbodens benutzt werden könnten.

Die Bohlen, welche man nach Fig. 309 *a* auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Schleusenthors bemerkt, haben nur den Zweck, die Riegel zu schützen, falls die Schiffe darauf stoßen sollten. Sie dienen zugleich zum Einsetzen der Schiffshaken, die sonst in die Haupttheile der Thore gestoßen werden müßten.

Bei der Kostbarkeit des starken Holzes, das zu großen Schleusenthoren erforderlich ist, hat man verschiedentlich die Riegel aus mehreren Stücken zusammengesetzt. Ein Beispiel hiervon sind die Thore der London - Dock - Schleuse. Jedes Thor ist 31 Fuß Engl. hoch und 25 Fuß breit. Die Schlag- und Wendesäulen sind aus Gufseisen dargestellt. Der untre Riegel oder der Schwellrahm besteht aus einem massiven, nach der Form der Schlagschwelle gekrümmten Balken von 15 Zoll im Gevierten. Die sämtlichen übrigen Riegel sind aus 5zölligen Bohlen zusammengesetzt, von denen in den beiden untern Riegeln je sechs, in den sieben obern (mit Einschluss des obern Rahms) je drei über einander liegen. Die Bohlen reichen nicht über die ganze Länge des Thors von der Wende- zur Schlagsäule, sind vielmehr in jedem Riegel abwechselnd zwei- oder dreimal gestoßen. Sie stoßen in den Fugen stumpf zusammen, und die Lagen sind theils durch eingelegte hölzerne Dübel von $1\frac{2}{3}$ Zoll Höhe, theils auch durch hölzerne Nägel, deren jedesmal vier an jedem Stoß angebracht sind, mit einander verbunden. Zu demselben Zweck dienen endlich noch in den untern drei Riegeln sechs, in den obern Riegeln vier Schraubenbolzen. *)

Ferner sind die Thore des Docks in Grangemouth, das später durch Thomson erbaut ist, zu erwähnen. **) Die Weite der Oeff-

*) *Public Works of Great Britain.* London 1838. *Survey of the Port of London.*

**) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1844. p. 9.

nung, die sie schliessen, misst 55 Fufs Engl. Sie bestehn ganz aus Eichenholz, und zwar sind die Riegel in ähnlicher Weise, wie die der Schleuse bei Cherbourg (Fig. 306) nur an der dem Oberwasser zugekehrten Seite cylindrisch geformt, nach dem Unterwasser dagegen eben, so daß die Schlagschwellen in der Ansicht von oben durch gerade Linien begrenzt werden. Die Riegel bestehn an der Seite, wo sie gerade sind, aus gewöhnlichen, mäfsig starken Balken, die bogenförmige Auffütterung unter der Bekleidung ist dagegen in ähnlicher Art, wie bei den so eben beschriebnen Thoren des London-Docks aus vierzölligen eichenen Bohlen gebildet, deren Stöße gehörig versetzt, und die unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. Bei diesen Thoren kommt noch die Eigenthümlichkeit vor, daß sie auf beiden Seiten wasserdicht bekleidet sind. Die Räume, die auf diese Weise zwischen den Riegeln entstehen, kann man beliebig mit Wasser anfüllen und leer pumpen, und dadurch die Thore so erleichtern, daß sie bei allen Wasserständen sich selbst tragen.

Die Thore der Schleuse vor dem Coburg-Dock in Liverpool verdienen sowol wegen der ungewöhnlichen Dimensionen, als auch wegen mancher Eigenthümlichkeiten der Construction besondere Erwähnung. Indem die grössten transatlantischen Dampfböte in dieses Dock einlaufen, so mußte der Schleuse die Weite von 68 Fufs Rheinländisch gegeben werden. Jedes Thor ist (Fig. 332 auf Taf. XLVII) nahe 39 Fufs breit und 31 Fufs hoch. In dem gleichschenkligen Dreieck, welches die Schlagschwellen bilden, misst die Höhe 11 Fufs 2 Zoll, und indem die Pfeilhöhe der dem Oberwasser zugekehrten cylindrischen Fläche des einzelnen Thors 2 Fufs 2 Zoll beträgt, so stellen beide, wenn sie geschlossen sind, auf der obern Seite nahe eine continuirliche Fläche dar, die nur durch eine wenig markirte vortretende Kante zwischen den beiden Schlagsäulen unterbrochen wird. Die Riegel bestehn aus sehr starken Amerikanischen Hölzern, der untere Rahm, der 2 Fufs 3 Zoll stark ist, tritt aber, wie Fig. 332 *b* zeigt, in der Mitte des Thors noch bedeutend vor die innern Flächen der Riegel vor, und hierdurch wurde es möglich die Pfeilhöhe jeder Schlagschwelle auf 10 Zoll zu beschränken.

Die sämtlichen Riegel sind neben der Wendesäule 2 Fufs, und indem sie sich nach und nach verjüngen, an der Schlagsäule

nur noch 1 Fuß 3 Zoll breit. Die Höhe des obern Riegels mißt 1 Fuß, die der tiefer liegenden vergrößert sich, und der untre Riegel ist 1 Fuß 7 Zoll hoch, der untre Rahm dagegen 2 Fuß 3 Zoll. Auf letzterem liegen unmittelbar zwei Riegel, und die übrigen sind, wie die Figur zeigt, zu je zwei mit einander verbunden.

In dasjenige Riegelpaar, welches auf dem untern Rahm liegt, so wie auch in das nächstfolgende, ist eine gewalzte, mit vortretenden Rändern versehene starke Schiene eingelegt. Dieselbe ist stärker gekrümmt, als das Thor, woher sie in der Mitte des letzteren die dem Oberwasser zugekehrte äußere Fläche desselben berührt, und Fig. 332 *a* sichtbar ist. An beiden Enden tritt sie zurück und lehnt sich gegen die Schlag- und Wendesäule. Sie berührt indessen diese nicht unmittelbar, vielmehr liegt jedesmal dazwischen noch eine starke Eisenplatte, die als Schuh dient. Jede dieser Schienen bildet sonach einen neuen, noch stärker gekrümmten Bogen, der in der Schlag- und Wendesäule sein Widerlager findet, und das Durchbiegen des Thors gleichfalls verhindert.

Die Riegel sind nur durch gewöhnliche Zapfen mit der Schlag- und Wendesäule verbunden, um aber ihren Abstand von einander zu sichern, sind auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite je fünf Stützen oder kurze Mittelstiele gestellt. Die beiden äußern lehnen sich unmittelbar an die Wende- und Schlagsäule, die andern sind in der Figur durch punktirte Linien angedeutet. Zur Verstärkung dieser Stiele sind noch Zangen dagegen gebolt.

Die unmittelbar auf einander liegenden Riegel sind durch Bolzen verbunden und diese greifen in den beiden untern Riegelpaaren durch die erwähnten gekrümmten Schienen hindurch.

Der Eisenbeschlag dieser Thore stimmt mit dem sonst in England üblichen überein. Mit demselben verbinden sich die schrägen Zugbänder. Die Aufstellung der Laufbrücke ergiebt sich aus Figur 333 *b* und *c*. Von der eigenthümlichen Anordnung der Rolle, die das Thor unterstützt, wird im Folgenden die Rede sein.

Wesentlich verschieden von den bisher beschriebnen Stemmtoren sind diejenigen, die seit 30 Jahren in Canada bei kleineren Schleusen vielfach ausgeführt wurden, und in neuster Zeit auch bei größern, für den Durchgang von Dampfschiffen bestimmten Schleusen, bis zu 45 Fuß lichter Weite, Anwendung gefunden haben.

Namentlich ist dieses auf dem Welland Canal und auf den Seiten-Canälen des Ohio geschehn.

Das Eigenthümliche derselben besteht darin, daß sie keine Wendesäule und keine Schlagsäule haben, vielmehr nur aus Balken zusammengesetzt sind, die horizontal dicht über einander liegen. Die Hölzer, jedesmal Fichtenstämme, werden auf Maschinen sorgfältig in gleicher Stärke zugeschnitten und behobelt, damit sie genau schließend sich berühren. Jeder Balken wird mit dem nächst darunter befindlichen durch Pflöcke (vielleicht Spitzbolzen, die mit Widerhaken versehen sind) verbunden. Außerdem greifen fünf Eisenstangen in der ganzen Höhe des Thors durch alle Balken und werden durch Schraubenmuttern festgespannt. Sollen Schützöffnungen angebracht werden, so lassen sich diese bei der gewählten Constructions-Art leicht darstellen, indem die betreffenden Balken an beiden Seiten nur bis zu denselben reichen, und gleichmäfsig abgeschnitten sind.

Ist das Thor in dieser Weise zusammengesetzt, so schneidet man die beiderseitigen Balkenköpfe in Form der Wendesäule und Schlagsäule zu, so daß jedes Thor in der Wendenische sich freidrehn und gehörig schließend an dieselbe sich anlehnen kann, so wie auch andererseits beide Thore, wenn sie geschlossen sind, sich vollständig berühren. Starke cylindrische Bolzen, die man oben und unten eintreibt, bilden die Drehungs-Achsen.

Diese Constructions-Art findet Anwendung, wo das Fichtenholz sehr billig ist, und dabei tritt vergleichungsweise gegen die an sich schon sehr einfache Zusammensetzung der Amerikanischen Stemmthore eine Ersparung von 50 bis 100 Procent ein. Außerdem werden aber auch noch andre Vorzüge dieser Thore gerühmt. Zunächst leidet es keinen Zweifel, daß sie dem Wasserdruck sehr kräftigen Widerstand leisten, indem die einzelnen Balken nichts andres, als Riegel sind. Sodann ist ihre Anfertigung überaus einfach und erfordert, mit Ausschuß der Bearbeitung der Balkenköpfe, keine besondere Geschicklichkeit und Uebung. Demnächst wird auch ihre große Dauerhaftigkeit und endlich die Eigenschaft gerühmt, daß sie im Wasser schwimmen, also sehr leicht aufzustellen und dem Sacken nicht ausgesetzt sind. *)

*) *Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amérique.* Paris 1873. p. 342.

Schließlich muß noch von denjenigen Schleusenthoren die Rede sein, welche sich um horizontale Achsen drehn. Dieselben kommen in den Schleusen der Amerikanischen Canäle, und zwar in deren Oberhäuptern, zuweilen vor, die Figuren 341 und 342 auf Taf. XLVIII zeigen ein solches Thor in seiner Aufstellung und Zusammensetzung. Die Thornischen sind in ähnlicher Weise, wie für Stemmtore angebracht, doch fehlt darin die Wendenische. Letztere befindet sich vielmehr über dem Schleusenboden und ist in einen starken Balken, der mit Schraubenbolzen befestigt ist, eingeschnitten. Das Thor legt sich, wenn die Oeffnung frei werden soll, gegen das Oberwasser flach nieder, doch berührt es nicht den Boden, ruht vielmehr auf einer davor angebrachten hölzernen Wand von passender Höhe. Die Höhenlage der Wendenische und der Oberfläche des niedergeschlagenen Thors wird auf gleiche Art, wie bei andern Schleusen die der Schlagschwellen bestimmt. Indem das Thor aus Holz besteht, würde es nicht unter Wasser liegen, vielmehr sich selbst aufrichten, und den Durchgang der Schiffe verhindern. Um dieses zu vermeiden, füllt man es zum Theil mit Steinen oder Gufseisen an. Man darf es alsdann, nachdem das Wasser in der Kammer bis zum Oberwasser angestiegen ist, nur mittelst einer Stange etwas überneigen, und es schlägt von selbst nieder. Zum Wiederaufrichten oder Schließen des Thors dient jedesmal eine an der einen Seite aufgestellte Winde, die mittelst einer Kette das Thor anzieht. Gemeinhin sind diese Thore mit keinen Oeffnungen zum Durchlassen des Wassers versehen, indem die Kammern mittelst Seitencanälen in den Mauern, oder durch Umläufe gefüllt werden. Das in den Figuren dargestellte Thor, welches auf dem Sandy-Beaver-Canal am Ohio ausgeführt ist, hat dagegen zwei Oeffnungen, die wahrscheinlich mittelst gewöhnlicher Schütze geschlossen werden.

Die Construction des Thors ist so einfach, daß sie kaum einer nähern Beschreibung bedarf. Die Wendesäule, ihrer ganzen Länge nach halb-cylindrisch abgerundet, hat an beiden Enden cylindrische Zapfen, welche mittelst eiserner Halsbänder an der schon erwähnten hölzernen Wendenische befestigt sind. Zwei Riegel verbinden die Wendesäule mit dem gegenüberstehenden Rahm. Letzterer tritt gleichfalls an beiden Seiten vor, damit das Thor, wenn es dem Wasserdruck ausgesetzt ist, sich sicher an die Mauer lehnt.

Außerdem ist an dem einen vortretenden Kopfe die Kette befestigt, womit das Thor gehoben wird. Zwischen den beiden Riegeln befinden sich noch zwei Verbandstücke, die der Wendesäule parallel liegen und zur sichern Befestigung des Bohlenbelags dienen. Der gänzliche Mangel einer Verstrebung, der leicht zu beseitigen wäre, rechtfertigt sich um so weniger, als der einseitige Zug beim Heben des Thors ein Verziehn desselben besorgen läßt. Die Oeffnungen zum Durchlassen des Wassers sind jedesmal mit vollständigen Rahmen umschlossen, um die Bekleidung darauf befestigen zu können. Diese Bekleidung, aus einfachen starken Bohlen bestehend, ist doppelt, d. h. auf beiden Thorflächen angebracht. Von der Ausfüllung der Felder, um das Thor hinreichend schwer zu machen, ist bereits die Rede gewesen. Es muß aber noch bemerkt werden, daß beim geschlossnen Thor die beiden äußern Riegel in der Breite von einigen Zollen sich gegen die, vor die Thornische vorspringende Mauer lehnen, und durch sorgfältige Bearbeitung der genügend wasserdichte Schluß dargestellt sein muß.

Schleusenthore dieser Art waren in kleineren Dimensionen schon seit geraumer Zeit auf Amerikanischen Canälen angewendet, später hat man sie aber auch auf größern Canälen, wie auf dem Eric-Canal, und zwar in den Oberhäuptern zur Ausführung gebracht. Diese Schleusen sind $18\frac{1}{2}$ Fufs weit und das Gefälle beträgt bei der in Rede stehenden Schleuse über 9 Fufs. Dabei ist noch eine eigenthümliche Art von Umläufen in Anwendung gekommen, die das Füllen der Kammer wesentlich beschleunigt, und wovon später die Rede sein wird. Wie es scheint, kommen sie nur in den Oberhäuptern vor.

Die Mauer, welche bis zur Sohle der vorhergehenden Canalstrecke sich erhebt, ist so weit abwärts versetzt, daß das herabgeschlagene Thor sie nahe berührt, und die so gebildete Thorkammer ist zu beiden Seiten mit zurücktretenden Thornischen versehen. Wenn das Thor niedergelegt ist, ruht es auf zwei hölzernen Unterlagen, und diese liegen auf einem wasserdicht abgeschlossnen hölzernen Boden, worin die Oeffnungen zum Einlassen des Wassers in die Kammer angebracht sind. Die Schlagschwelle, in deren Kehle die horizontale Wendesäule des Thors sich dreht, steht auf einer nicht verkleideten, aus mehreren Stielen bestehenden hölzer-

Wand. Jener wasserdichte Boden scheidet also das Oberwasser von der Kammer.

Das Thor ist 21 Fufs lang. An die horizontale Wendesäule sind an beiden Enden cylindrische Zapfen angeschnitten, und gegenüber befindet sich nicht nur ein einfacher starker Balken, sondern derselbe wird noch durch eine dem Oberwasser zugekehrte Verstrebung unterstützt, deren Bolzen (ähnlich den Hängeeisen in senkrechten Verstrebungen) sein Durchbiegen verhindern. Beide horizontale Verbandstücke sind mit Einschluss der Seiten-Rahmen, durch sieben Riegel verbunden, und die dazwischen befindlichen sechs Felder hat man auf beiden Seiten durch wasserdicht schliessende Bohlen verkleidet, nachdem die Zwischenräume mit Steinen gefüllt waren. Das Thor stellt sich aber, wenn es gehoben wird, nicht lothrecht, sondern bleibt etwas geneigt, woher es, sobald der Wasserdruck aufhört, von selbst niederfällt und sich dadurch öffnet. Die Winde zum Heben des Thors steht nicht, wie Fig. 341 angiebt, hinter demselben, sondern am obern Ende der Thornische, und von ihr gehn zwei Ketten aus, die über je eine Rolle nach dem vortretenden Kopfe des obern Rahms des Thors führen. Die eine dieser Rollen ist über dem stromabwärts gekehrten Ende der Thornische, und die andre am gegenüberstehenden Ende derselben, und zwar nahe über dem Thorkammerboden angebracht. Jenachdem man also die mit einem Vorgelege versehene Winde nach einer oder der andern Seite dreht, so hebt oder senkt man das Thor. Letzteres wird aber wieder nur an einer Seite gefasst.

Die Vorzüge dieses Thors gegen gewöhnliche Stemmthore bestehn zunächst in der einfacheren Construction, sodann wird bei gröfsern Schleusen auch die Thorkammer etwas verkürzt. Man soll in Amerika diese Anordnung in Verbindung mit der Vorrichtung zum Füllen der Kammer nicht nur als einfacher und wohlfeiler in der ersten Anlage, sondern auch als sehr bequem in der Handhabung befunden haben, während die Füllung der Kammer dabei besonders schnell erfolgt. *)

*) *Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amérique.* Paris 1873. p. 340.

§. 68.

Eiserne Schleusenthore.

Wegen der Vergänglichkeit des Holzes, besonders wenn dasselbe abwechselnd der Benetzung und dem Zutritt der Luft ausgesetzt ist, hat man seit geraumer Zeit versucht, einzelne Theile der Schleusenthore oder dieselben auch vollständig aus Gusseisen oder aus gewalztem Eisen darzustellen. Die Verwendung des gewalzten Eisens hat zu sehr befriedigenden Resultaten geführt, und um so mehr Eingang gefunden, als es immer schwieriger wird, die zu den Verbandstücken nöthigen starken und gesunden Eichenstämme zu beschaffen. Dabei darf freilich nicht unbeachtet bleiben, dass auch heutiges Tages, wenigstens Thore von mässigen Dimensionen mit geringeren Kosten aus Holz, als aus Eisen darzustellen sind.

Als wesentliche Uebelstände der hölzernen Schleusenthore bezeichnet man ihre kurze Dauer, die Nothwendigkeit häufiger Reparaturen und den wenigstens alle zwei Jahre zu wiederholenden Theeranstrich. Dabei sind auch nicht nur die Kosten, sondern auch die Unterbrechung der Schifffahrt zu berücksichtigen.

Der französische Ingenieur Lermoyez, zu dessen Dienstkreis eine grosse Anzahl Schleusen an der obern Schelde, am Canal von Mons und am Canal St. Quintin gehören, erklärte dagegen*) diese Bedenken gegen hölzerne Thore für weniger erheblich, als man sie gemeinhin auffasst. Er führt an, dass die erste Schleuse im Canal St. Quintin, durch welche im Jahre 1865 nicht weniger, als 12641 Schiffe gingen, hölzerne Thore hat, die obwohl 30 Jahre alt, sich noch in gutem Zustande befinden. Bei der überaus frequenten Schifffahrt, sei es aber nicht zu vermeiden, dass oft die Schütze der Unterthore schon gezogen werden, ehe die Oberthore ganz geschlossen sind, und letztere daher heftig zuschlagen. Es komme vorzugsweise darauf an, dass man ganz gesundes Holz verwende. Auch legt derselbe Gewicht auf die Verbindung der Rie-

*) *Annales des ponts et chaussées* 1866. I. pag. 127.

gel mit den Wende- und Schlagsäulen durch gusseiserne Eckstücke, von denen im vorigen Paragraph schon die Rede war. Die oft wiederholten Reparaturen stellt er ferner in Abrede, und sagt, dass diese sich nur auf die Schützvorrichtungen beziehen. Was endlich das Theeren betrifft, so erfolge dieses in jedem zweiten Jahre durch einen Unternehmer, der für jedes Thorpaar nur 4 Thaler erhält, und dabei werde die Schifffahrt auch nur an einem Tage unterbrochen.

Für Thore aus gewalztem Eisen liegen wohl kaum dreissigjährige Erfahrungen vor, wenigstens sind solche noch nicht bekannt geworden, dagegen haben diese Thore nach zwanzigjährigem Gebrauch sich bisher schon vollständig bewährt, und besonders wichtig ist es, dass das Rosten, das man vorzugsweise besorgte, noch nirgend in bedrohlicher Weise eingetreten ist.

Das Gusseisen hat sich dagegen nicht als sicher erwiesen, da es bei starken Erschütterungen bricht, und namentlich ist dieses vielfach erfolgt, wenn Schiffe gegen die Thore stiessen, was sich nicht immer vermeiden lässt. Von der Anwendung des Gusseisens zu diesem Zweck ist man daher in neuerer Zeit zurückgekommen.

Die ersten eisernen Schleusenthore und zwar aus Gusseisen, sind wie es scheint von Telford auf dem 1793 begonnenen Ellesmere-Canal erbaut. Telford sagt^{*)}, er sei hierzu durch die Erfahrung veranlasst, dass gewöhnliche Thore, selbst aus dem besten Englischen Eichenholz, nach wenig Jahren schadhaft werden, indem sie bei dem häufigen Wechsel der Nässe und Trockenheit leiden. Bei jeder Erneuerung oder Aussbesserung der Thore werde aber die Schifffahrt unterbrochen, und es erscheine aus diesem Grunde als dringendes Bedürfniss, für grössere Dauer der Schleusenthore zu sorgen. Der Ueberfluss an Eisenerzen in der Grafschaft Shropshire habe ihn auf die Anwendung des Gusseisens, statt des Holzes geführt. Der Erfolg habe seine Erwartung vollständig gerechtfertigt, denn einige dieser Thore seien bereits über zwanzig Jahre im Gebrauch, zeigen aber noch keine Spur von Beschädigung oder Abnutzung.

Die Schleusen des benannten Canals, oder vielmehr des ganzen Canal-Systems in dortiger Gegend sind theils 14, theils 7 Fuss

^{*)} *Life of Telford.* London 1838 pag. 36.

Engl. weit. Die Thore der letztern sind nicht Stemmthore, sondern bestehn nur aus einzelnen Flügeln, und diese, so wie auch die Stemmthore in den Oberhäuptern der weitem Schleusen sind in einem Stück als Platten gegossen. Jede derselben ist statt der Riegel mit Verstärkungs-Rippen versehen, und die Schlagsäule und Wendesäule, so wie auch der Schwellrahm sind gleichfalls durch denselben Guss dargestellt. Die Wendesäule trägt über dem cylindrischen Halse noch einen starken Ring, in welchen der hölzerne Drehbaum gesteckt ist, der bis zur Schlagsäule reicht. Die Unterthore der weitem Schleusen, welche über 20 Fuss hoch sind, bestehn dagegen aus einzelnen gusseisernen Verbandstücken, die mittelst vorstehender Ränder durch Schraubenbolzen verbunden sind. Sie haben auch eine hölzerne Bekleidung. Ihre Construction stimmt also mit der später für gusseiserne Thore allgemein üblich gewordenen wesentlich überein.

In den Schleusen des Montgomery-Canals, der sich von dem eben erwähnten Canalsystem in südwestlicher Richtung bis Newtown fortsetzt, bestehn die Thore gleichfalls aus eisernen Platten, die nebst den Schlag- und Wendesäulen in einem Stück gegossen sind *). Die lichte Weite der Schleusen in den Häuptern misst 7 Fuss Engl. Die Oeffnungen werden hier durch je zwei Stemmthore geschlossen. Die Achsen der beiden Wendesäulen stehn 8 Fuss aus einander. Die Thore bilden cylindrische Flächen, die sich, wenn die Thore geschlossen sind, zu einer einzigen verbinden oder zu demselben Cylinder gehören. Die Pfeilhöhe dieses ganzen Bogens misst 1 Fuss 4 Zoll, während die Sehne, wie bereits angegeben, 8 Fuss lang ist. Der Krümmungshalbmesser beträgt daher 6 Fuss 4 Zoll. Fig. 313 *b* auf Taf. XLV zeigt eines dieser Thore in der Ansicht vom Oberwasser, und *a* dasselbe von oben und im horizontalen Durchschnitt.

Eine auffallende Eigenthümlichkeit dieser Thore besteht darin, dass die Verstärkungsrippen, welche die Stelle der Riegel vertreten, nicht, wie sonst geschieht, an der dem Unterwasser zugekehrten, sondern auf der entgegengesetzten Seite liegen. Die Thore lehnen sich also mit den, durch keine Riegel unterbrochenen, cylindrischen Flächen an die Schlagschwellen und an die Wendenischen

*) *Public Works of Great Britain. Division II. pag. 5.*

an. Diese Anordnung gewährt den Vortheil, dass die Wendesäulen nicht, wie sonst üblich, aus einem halben Cylinder bestehn müssen, vielmehr genügt es, wenn sie nur den vierten Theil des Cylinders bilden. Im Durchschnitt Fig. 313a ist die Platte, welche die Stelle des Bohlenbelages vertritt, stark ausgezogen, und man bemerkt, dass sie die Wendesäule ersetzt, indem sie hier im Viertel-Kreise gekrümmt ist. Sie bildet dadurch eine vortretende Rippe, an welche die horizontalen Verstärkungsrippen oder die Riegel sich anschliessen. An der entgegengesetzten Seite befindet sich eine ähnliche, unter spitzem Winkel vortretende Verstärkungsrippe, die als Schlagsäule dient, und sich gleichfalls an die horizontalen Rippen oder Riegel anschliesst.

Am untern Ende der erwähnten cylindrischen Fläche ist eine starke Platte angegossen, welche die Pfanne trägt, das obere Ende ergänzt sich dagegen zu einem hohlen Cylinder, und bildet den Hals, um welchen das Thor sich dreht. Der Hals ist nach der vom Thore abgekehrten Seite umgebogen und mit vortretendem Rande versehen. An letztern ist mittelst eines gleichen Randes der gusseiserne Drehbaum durch sechs Schrauben befestigt.

Der Drehbaum hat in diesem Fall nicht den Zweck, das Gegengewicht zu bilden, da ein Sacken undenkbar ist, er dient nur zum Oeffnen und Schliessen des Thors. Bei der auf den Englischen Canälen ziemlich allgemein herrschenden Gewohnheit, dass die Schleusen nicht fortwährend beaufsichtigt werden, die Schiffer vielmehr selbst die Thore und die Schütze öffnen und schliessen, geschieht es häufig, dass das Schliessen der Thore der Strömung überlassen wird, oder dass die Schütze der geschlossnen Thore schon geöffnet werden, während die andern Thore noch offen stehn. Letztere schlagen alsdann mit grosser Heftigkeit zu, und wenn das Moment des Drehbaums gross ist, oder wenn er wirklich das Gegengewicht bildet, so bricht er in diesem Falle ab. Hierin liegt der Grund, weshalb derselbe hier, wo dieses ohne Nachtheil geschehn konnte, möglichst erleichtert und nur in der Nähe des Thors verstärkt ist.

Um die Thore wasserdicht zu machen, wurden die Schlagsäulen gegen einander und die Wendesäulen gegen die Wendennischen geschliffen. Letzteres geschah in derselben Art, wie bereits beschrieben. Man setzte jedes Thor einzeln ein, und presste

es gegen die Wendenische, indem sowohl der untere Zapfen, als auch das Halsband scharf angetrieben wurden. Hierauf wurde unter fortwährendem Zugiessen von Wasser das Thor hin- und hergedreht, wobei theils die gusseiserne Wendesäule, theils aber auch die festen Sandsteine der Wendenische sich abschliffen. Sobald das Thor sich ziemlich leicht bewegen liess, wurde der Zapfen und das Halsband auf's Neue angetrieben, und diese Operation so lange fortgesetzt, bis die Wendesäule sich der Wendenische genau anschlossen hatte. Demnächst wurde eines der beiden Thore auf einer Rüstung so niedergelegt, dass die Wendesäule unten, und der Anschlag der Schlagsäule horizontal und etwas höher lag. Das andre Thor wurde hierauf mittelst einer geeigneten Befestigung daran gelegt, und der scharfe Schluss beider Schlagsäulen in gleicher Weise, nämlich wieder durch gegenseitiges Abschleifen dargestellt. Scharfer Sand war zwischen beide geschüttet, und unter häufigem Zugiessen von Wasser bewegte man das eine Thor in seiner Längsrichtung etwa 5 Zoll hin und her, wodurch beide Schlagsäulen geebnet wurden.

Endlich musste auch noch dafür gesorgt werden, dass die Thore sich wasserdicht an die Schlagschwellen anlehnten. Dieses war indessen leicht zu erreichen, indem die massiven Drempel durch aufgebolzte hölzerne Schwellen verkleidet wurden, denen man theils die den Thoren entsprechende Form leicht geben konnte, die theils aber auch unter dem starken Druck der Thore etwas comprimirt wurden, und sonach von selbst die passende Form annahmen.

Auch bei uns hat man die Anwendung des Gusseisens zu Schleusenthore versucht, und zwar ist dieses im Jahre 1822 auf dem Chlodnitz-Canal in Schlesien geschehn, die gewählte Anordnung weicht indessen von den beschriebnen kleineren Thoren, und noch mehr von den grösseren Dockthoren wesentlich ab *). Man hat im Allgemeinen die bei uns übliche Holzconstruction beibehalten. Die Thore bilden auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite ebne Flächen, ihre Breite beträgt 8 Fuss 8 Zoll. Sie sind mit Riegeln, im Abstände von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuss, und ausserdem mit zwei Mittelstielen versehen. Die Riegel nebst Ober- und Unterrahm und

*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbflusses in Preussen 1828. Seite 41.

den beiden Mittelstielen sind in einem Stück gegossen. Jeder dieser Theile bildet eine etwa 5 Zoll breite Platte mit 3 Zoll hoher Verstärkungs-Rippe, die dem Unterwasser zugekehrt ist. Die Wendesäule besteht in einem hohlen Cylinder, der von oben bis unten den Vollkreis zum Querschnitt hat, und mit Ausschluss des Halses, wo das Halsband ihn umfasst, mit einer Rippe versehen ist, an welche die Enden der Riegel und Rahme angeschoben sind. In gleicher Weise ist die gusseiserne gekröpfte Platte, die als Schlagsäule dient, mit letztern verbunden. Ein einfacher Bohlenbelag bildet auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors die Bekleidung. Die Bohlen sind aber wieder, wie bei hölzernen Thoren, schräge gestellt, und mit allen Riegeln und Mittelstielen, die sie treffen, durch Schraubenbolzen verbunden. Dass sie als Streben wirken sollten, ist wohl nicht vorauszusetzen, da der gusseiserne gitterförmige Rahmen eine Formveränderung nicht besorgen liess, man wählte vielmehr diese Stellung nur, um sie vielfach befestigen zu können. Endlich ist an den Kopf der Wendesäule und an denjenigen der Schlagsäule noch ein gusseisernes Verbandstück befestigt, in welches der hölzerne Drehbaum eingeschoben wird.

Zur Darstellung eines wasserdichten Schlusses, und um zugleich das Gusseisen vor unmittelbaren Stößen zu schützen, sind starke eichene Bohlen sowohl an die Schlagsäule, als an den untern Rahm mittelst Schrauben befestigt, welche, sobald die Thore geschlossen werden, theils sich gegenseitig, und theils die Schlagwellen berühren. Eigenthümlich ist das Verfahren zur Dichtung der Wendesäule gegen die Wendenische. In der Wendesäule befindet sich nämlich an der Stelle, wo der Schluss stattfinden soll, eine 2 Zoll breite Nuthe, die am Boden noch etwas breiter ist, also einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt hat. Diese ist mit Blei ausgegossen, und zwar so, dass Letzteres noch etwas vor der Oberfläche der Säule vorsteht. Bei eintretendem Druck schliesst sich das Blei an die Steine der Wendenische an, und verhindert das Durchdringen des Wassers. Ob hierdurch dauernd der beabsichtigte Zweck erreicht worden, muss dahin gestellt bleiben, die Thore selbst zeigten sich aber keineswegs besonders dauerhaft, zerbrachen vielmehr, sobald die Schiffe dagegen stiessen, und sind nur kurze Zeit im Gebrauch gewesen. Vielleicht wurde das Brechen

derselben durch die Spannung des gusseisernen Rahmens befördert, denn es ist bekannt, dass bei sehr ungleichförmiger Vertheilung der Masse in einzelnen Gussstücken, auch die Abkühlung ungleichmässig erfolgt, und daher an den Stellen, wo ein Uebergang aus dem grössern in den kleinern Querschnitt statt findet, wie hier neben den Kreuzungen der Riegel und Stiele, schon beim Erstarren und Erkalten des Eisens starke Spannungen und oft sogar Risse entstehen, welche die erste Veranlassung eines spätern Bruches sind.

Von grösserer Wichtigkeit ist die Anwendung des Gusseisens im Bau der Thore von Schleusen geworden, die zum Durchgange der Seeschiffe bestimmt sind. Nachdem im Jahre 1803 die Ausführung des Caledonischen Canals genehmigt war, zeigte es sich, dass das zu den Schleusenthoren erforderliche Holz in fehlerfreiem Zustande und in den gehörigen Dimensionen nur für übermässige Preise angeschafft werden konnte. Dieser Umstand bewog Telford, die Haupt-Verbandstücke auch hier aus Gusseisen darzustellen. Später hat man beim Bau von Dockschleusen dasselbe gethan, und Thore von noch grössern Dimensionen aus Eisen zusammengesetzt. Dabei wurde freilich das Bedenken angeregt, dass das Gusseisen im Seewasser, wenn auch keiner schnellen, doch einer stets fortschreitenden Veränderung seiner Masse ausgesetzt ist, und endlich in seiner ganzen Stärke den ursprünglichen Zusammenhang verliert. Gusseiserne Kanonen, die etwa hundert Jahre in einem gesunkenen Schiffe gelegen hatten, waren so weich, dass man sie mit einem Federmesser zerschneiden konnte, und hatten sich dem Anschein nach in Graphit verwandelt. Im süssen Wasser leidet das Gusseisen weniger, aber als ganz unvergänglich ist es nach manchen Erfahrungen auch hier keineswegs anzusehn. Davy's Entdeckung, dass man ein Metall vor dem Oxydiren schützt, sobald man es mit einem andern Metall in Verbindung bringt, das in höhern Grade electropositiv ist, hat man auch zur Sicherung der eisernen Schleusenthore benutzt. Man hat Zinktafeln aufgelöthet, die von Zeit zu Zeit erneut werden müssen, indem die Oxydation oder die Verbindung mit dem Sauerstoff des Wassers an ihrer Oberfläche in ausgedehntem Maasse erfolgt. Leslie fand bei wiederholten Untersuchungen der Thore des Dundee - Docks, wo dieses Mittel angewendet war, dass nach Verlauf von drei Jahren

die Wirksamkeit des Zinks aufhörte, und das Eisen zu rosten anfang *).

Bei dem Gusseisen zeigt sich noch ein anderer Uebelstand, dessen bereits bei Beschreibung der Thore der Chlodnitzer Canal-schleusen gedacht ist. Derselbe beruht in der grossen Sprödigkeit. Die nicht immer zu vermeidenden Stösse beim Gegenfahren der Schiffe, oder beim Zuschlagen der Thore, namentlich in den Dock-Schleusen, können leicht zerstörende Wirkungen äussern, und wenn hölzerne Verbandstücke dabei gleichfalls leiden, so ist doch das Holz zäher, als das Gusseisen. In jenem wird vielleicht ein Theil der Fasern zusammengepresst und geknickt, oder auch wohl zerrissen, während das Verbandstück den Zusammenhang nicht ganz verliert, beim Gusseisen dagegen erfolgt der Bruch sogleich vollständig, und der gebrochne Riegel oder die Säule zerfällt in mehrere Stücke. Welchen Gefahren die Schiffe und die Umgebungen der Schleuse alsdann ausgesetzt sein können, bedarf keiner nähern Erörterung.

Obwohl das Gusseisen auch später noch zu grossen Schleusenthoren benutzt worden ist, so hat doch die neuere Schiffsschleuse im Caledonischen Canal, welche vorzugsweise die Umgebungen gegen einen Durchbruch des Loch-Lochy sichern soll, hölzerne Thore erhalten. Die Beschaffung des Eichenholzes verursachte dabei wieder sehr grosse Schwierigkeiten, aber man entschloss sich lieber dazu, schwere Mahagony- und Teakholz - Stämme aus America zu verwenden, als Gusseisen zu wählen **). Dass die Thore vor dem Coburg-Dock in Liverpool aus Holz bestehn, ist bereits erwähnt, auch hat das noch später ausgeführte grosse Dock in Liverpool, dessen Oeffnung sogar 80 Fuss misst, wieder hölzerne Thore erhalten.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Zweckmässigkeit der Benutzung des Gusseisens zu grossen Schleusenthoren, namentlich in Seehäfen, gehe ich zur Beschreibung derselben über, und werde mit den von Telford gebauten Thoren in den Schleusen des Caledonischen Canals den Anfang machen.

Die lichte Weite dieser Schleusen misst 38 Fuss 10 Zoll Rhein-

*) *Civil Engineer and Architect's Journal.* 1845. pag. 150.

**) *Civil Engineer and Architect's Journal.* 1845. pag. 258.

ländisch, und die Thore sind in der Sehne gemessen 21 Fuss 10 Zoll lang. Die Pfeilhöhe ihrer Krümmung beschränkt sich nur auf etwa 6 Zoll. Fig. 307 auf Taf XLIII zeigt eines dieser Thore *a* in der Ansicht vom Oberwasser, *b* in der Ansicht vom Unterwasser, *c* im horizontalen und *d* im vertikalen Durchschnitt. Letzterer ist jedoch an zwei verschiedenen Stellen gedacht. Im untern Theile zeigt er die Querschnitte der Riegel und die Vorrichtung zur Unterstützung des Thors durch die Rolle, oben dagegen stellt er die Wendesäule dar, bevor dieselbe mit den Riegeln verbunden ist. Die Wende- und Schlagsäule, sowie die Riegel mit Einschluss des obern und untern Rahms sind einzeln gegossen und durch Schraubenbolzen mit einander verbunden. Die Details dieser Verbindung so wie die Dimensionen von einzelnen der erwähnten Verbandstücke weisst Fig. 308 *a* und *b* specieller nach. Die Bekleidung besteht aus $2\frac{1}{2}$ zölligen eichnen Bohlen und ist nur einfach.

Die Wendesäule besteht aus einem hohlen Cylinder von 18 Zoll Durchmesser, der jedoch nur oben und unten die ganze Cylinderfläche darstellt. Vom Oberrahm bis zum Schwellrahm bildet er im Querschnitt nur einen Halbkreis, welcher an der den Riegeln zugekehrten Seite durch eine ebne, daran angegossne Platte abgeschlossen wird. An letztere werden die auf- und abwärts gerichteten Lappen der Riegel mittelst Schraubenbolzen befestigt. Zwischen je zwei Riegeln befindet sich in dieser Platte jedesmal eine Oeffnung, wodurch theils die Eisenmasse etwas vermindert, theils aber auch das Einsetzen jener Bolzen erleichtert wird, indem man überall in die Säule hineingreifen kann. Die Riegel sind 16 Zoll breit, an der Seite der Bekleidung mit Rändern versehen, die sowohl nach oben, als unten vortreten, und woran die die Bohlen mit Schraubenbolzen befestigt sind. An der gegenüberstehenden Seite befindet sich an dem Riegel noch eine niedrige, abwärts gekehrte Verstärkungsrippe. Endlich sind an die Enden der Riegel die bereits erwähnten, nach oben und unten gekehrten Lappen angegossen wodurch die Verbindung mit der Wende- und mit der Schlagsäule dargestellt wird (Fig. 308). Die Schlagsäule besteht nur aus einer Platte mit niedriger Verstärkungsrippe an einer Seite. In Fig. 307 *c* ist dieselbe gezeichnet, sowie auch der Querschnitt des mittleren Theils der Wendesäule. Der Oberrahm und der Schwellrahm sind im Wesentlichen den beschriebnen Rie-

geln gleich. Dem erstern fehlen nur die sämmtlichen nach oben, und dem letztern die nach unten gekehrten Ränder.

Zur Darstellung des wasserdichten Schlusses zwischen den Schlagsäulen der beiden Thore und neben den Schlagschwellen sind sowohl an die Schlagsäule, als auch an den Schwellrahm Holzstücke gebolzt, die man in Fig. 307 *c* und *d* und in Fig. 308 *b* bemerkt. Die Bekleidungs-Bohlen sind lothrecht gerichtet und mittelst Schraubenbolzen an die Ränder der Riegel und Rahme befestigt. Zwischen die untern Riegel sind hölzerne Rahmen und Stützen geschoben, welche mit den auf der andern Seite des Thors befindlichen Schossthürleisten verbunden sind und zur gehörigen Befestigung der letztern dienen. Diese Leisten, sowie die Schütze selbst und die in den Bohlenbelag eingelassenen Rahmen, wogegen die Schütze sich lehnen, bestehn aus Gusseisen, und sind an den Stellen, wo sie sich berühren, sorgfältig geebnet. Die nähere Beschreibung derselben, sowie der Rolle, die das Thor trägt, und deren Befestigung, soll später mitgetheilt werden.

Die eben beschriebene Construction ist im Wesentlichen auch bei später ausgeführten gusseisernen Thoren beibehalten, wenn gleich manche Abweichungen in einzelnen Theilen dabei vorkommen.

Bei den Thoren des Docks zu Montrose, welches 1843 erbaut wurde, besteht die Bekleidung aus Eisenblech, und zwar ist eine solche auf jeder Seite des Thors angebracht, oder es sind wasserdicht abgeschlossene Räume zwischen den Riegeln gebildet, die, wenn sie leer sind, das Thor tragen und das Sacken desselben verhindern. Auch die Hauptverbandstücke weichen in mancher Beziehung von den vorher beschriebnen ab. Einzelne Details derselben sind Fig. 314 auf Taf. XLV dargestellt, *a* ist ein horizontaler Querschnitt durch die Wendesäule, *b* durch die Schlagsäule, *c* ein vertikaler Durchschnitt nach der Längenrichtung des Thors an der Seite der Schlagsäule und *d* ein solcher quer durch das Thor gelegt *).

Die lichte Weite dieser Dockschleuse misst 55 Fuss Englisch, der Abstand beider Drehungsachsen in den Wendesäulen beträgt 57 Fuss, und in dem gleichschenkligen Dreieck, welches im Grundriss durch die Sehnen der Thorflächen gebildet wird, beträgt die

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. Vol. VIII. pag. 150.*

Höhe 10 Fuss, die Pfeilhöhe der Krümmung jeder Thorfläche dagegen 18 Zoll. Die Thore sind 22 Fuss hoch.

Die Wendesäule ist, wie Fig. 314 *a* zeigt, theils durch eine cylindrische, und theils durch eine ebne Fläche umschlossen. Erstere dehnt sich aber über den halben Cylinder aus. Sie hält 1 Fuss 9 Zoll im Durchmesser. In der ebenen Fläche befinden sich wieder Oeffnungen, um das Einsetzen der Bolzen zu erleichtern. Die Wandstärke der cylindrischen Fläche misst $1\frac{1}{4}$ Zoll, die der ebenen $1\frac{1}{2}$ Zoll. Oben und unten ergänzt sich die Wendesäule zum vollen Cylinder, und ist auf einer grossen Drehbank abgedreht. In ihr unteres Ende ist in gleicher Art, wie bei den Thoren des Caledonischen Canals (Fig. 308 *b*), die Pfanne eingeschoben, welche den an die Bodenplatte angegossenen Zapfen umfasst. Um die Riegel sicher befestigen zu können, und um zugleich ein mögliches Verschieben derselben beim Anziehen der Schrauben, oder später zu verhindern, sind an die ebne Oberfläche der Wendesäule jedesmal zwei flache kurze Rippen, oder sogenannte Nasen angegossen, auf welchen der abwärts gekehrte Lappen an jedem Ende eines Riegels aufliegt, wie Fig. 314 *c* und *d* zeigt.

Die Schlagsäule besteht aus einer 18 Zoll breiten und $1\frac{1}{2}$ Zoll starken Platte, die an jeder Seite mit einem $1\frac{1}{4}$ Zoll starken umgebognen Rande versehen ist, wozwischen das Holzstück eingesetzt ist, welches den eigentlichen Anschlag gegen das andre Thor bildet. Auch an die Schlagsäule sind jene Nasen angegossen, welche jeden Riegel unterstützen. Zwischen den Riegeln befinden sich auch hier, wie in der ebenen Fläche der Wendesäule, Oeffnungen, um die Eisenmasse zu vermindern.

Die Riegel, von denen mit Einschluss des obern und untern Rahms in jedem Thor elf angebracht sind, bestehn aus 2zölligen Platten, deren Breite in der Mitte des Thors 18, und an den Enden 16 Zoll misst. An jeder Seite der Riegel sind Rippen angegossen, die theils aufwärts, und theils abwärts gekehrt sind, und sowohl zur Verstärkung, als auch zur Befestigung der Bekleidungen des Thors dienen. Die Höhe dieser Rippen beträgt 9 Zoll. Die dem Oberwasser zugekehrte, oder an der convexen Seite des Thors befindliche Rippe ist 2 Zoll stark, die andre dagegen nur $2\frac{1}{2}$ Zoll. Die an den Enden der Riegel auf- und abwärts gerichteten Lappen sind 2 Zoll stark und zusammen 18 Zoll hoch. Mit

den horizontalen Platten der Riegel sind diese Lappen nicht nur durch die eben erwähnten Rippen zu beiden Seiten verbunden, sondern es dienen hierzu noch besondere Verstärkungen, die auf der Platte zwischen beiden Rippen liegen und sowohl aufwärts als abwärts die Lappen unterstützen. Die untern Lappen liegen an jeder Seite des Riegels auf den Nasen, die sowohl an die Wendesäule, als an die Schlagsäule angegossen sind, und jeder Lappen ist mittelst zwei Schraubenbolzen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke an die Säule befestigt.

Die Bekleidung, welche auf beiden Seiten angebracht ist, besteht aus Kesselblechen. Die untere Reihe derselben, etwa 6 Fufs hoch, hat eine Stärke von $\frac{3}{8}$ Zoll, die übrigen dagegen nur von $\frac{5}{16}$ Zoll. Diese Bleche sind sowohl unter sich, als an die Riegel, die Wendesäule und Schlagsäule geniethet. Die Niethen sind im untern Theil des Thors $\frac{3}{4}$ Zoll, oben dagegen nur $\frac{1}{8}$ Zoll stark. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll. Um die Wasserdichtigkeit der Bekleidung zu prüfen, wurde das Thor, nachdem es zusammengesetzt war, lothrecht aufgestellt und voll Wasser gegossen.

Um den wasserdichten Schluß der Thore gegen die Wendenischen, die Schlagschwellen und der beiden Schlagsäulen gegen einander zu bilden, wurde zunächst jede Wendesäule, ehe sie mit den Riegeln verbunden war, in die vorher mit möglichster Sorgfalt ausgearbeitete Wendenische gestellt, oben und unten scharf dagegen gekeilt, und unter fortwährendem Zugießen von Wasser und Zuschütten von scharfem Sande hin und her gedreht, bis die Berührung vollständig stattfand. Der untere Riegel oder Schwellrahm ist nur mit den aufwärts gekehrten Rippen und Lappen versehen, er bildet daher an der untern Seite eine ebne Fläche. An letztere ist eine eichene Schwelle von 12 Zoll Höhe befestigt, die in der Mitte 19 und an jedem Ende 17 Zoll breit ist. Die Fuge zwischen ihr und der gußeisernen Platte ist mit Filz gedichtet, und Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen pressen Beide fest zusammen. In ähnlicher Weise ist die Schlagsäule zwischen ihren beiderseitigen Rippen mit einem eichnen Balken ausgefüllt, der genau schließend eingetrieben ist, und in die hölzerne Schwelle des Schwellrahms mit einem Zapfen eingreift. Er ist überdies mittelst 1zölliger Bolzen an die Rippen der Schlagsäule befestigt.

Eine Verstrebung fehlt auch diesem Thor. Das Sacken ist

theils durch eine Rolle verhindert, auf welcher das Thor ruht, theils auch dadurch, daß man Letzteres auspumpen und sonach den Wasserdruck zum Tragen desselben benutzen kann.

In jedem Thorflügel befindet sich eine Schütz-Oeffnung von 3 Fuß Höhe und 2 Fuß Breite. Das Schütz selbst besteht eben so wie der Rahmen und die Leisten, wozwischen es sich bewegt, aus Eisen. Die Anwendung eines andern Metalls ist überhaupt an dem ganzen Thore vermieden. Eine Ausnahme davon machen nur die Zinkstreifen, die man vielfach angebracht hat, um der Oxydation des Eisens vorzubeugen.

Die gusseisernen Thore der trocknen Docks zu Sherness sind insofern wichtig, als man sie mit vollständiger Verstrebung versehen hat. In gleicher Weise, wie bei hölzernen Thoren, läuft die Strebe in diagonalen Richtung durch das Thor, doch steht sie nicht auf dem Fuß der Wendesäule auf, vielmehr nahe dem Ende des letzten Riegels über dem untern Rahm. Jedes Thor ist $31\frac{1}{2}$ Fuß breit und 28 Fuß hoch. Die Krümmung entspricht einer Pfeilhöhle von $2\frac{1}{2}$ Fuß. Die Wende- und Schlagsäule sind in gewöhnlicher Art angeordnet. Die Riegel, deren mit Einschluss der beiden Rahme zwölf vorhanden sind, bestehn aus Platten von 15 Zoll Breite, die mit vier vertikalen, 6 Zoll hohen Rippen versehen sind. Drei dieser Ränder sind aufwärts und einer ist abwärts gekehrt. Der untere Rahm hat nur die drei aufwärts gekehrten, der obere aber drei abwärts gekehrte Rippen. Die beiden untern Riegel liegen unmittelbar über einander, so daß die Rippen sich berühren. Der Abstand vergrößert sich indessen nach und nach, und mißt oben 3 Fuß 4 Zoll. Die Strebe, gleichfalls aus einer Platte mit Verstärkungs-Rippen bestehend, ist aus zehn Theilen zusammengesetzt, welche mittelst angegossener Lappen und Schraubenbolzen an die Riegel befestigt sind. Jedes Thor wird überdies durch eine 2 Fuß hohe Rolle neben der Schlagsäule unterstützt. Diese Rolle befindet sich vor der Ebne des Thors, und trägt dasselbe durch eine eiserne starke Stange, die bis zum obern Rahm heraufreicht. Letzterer ruht auf einer Schraubenmutter an jener Stange. Die Thore sind auf der äußern Seite mit Holz, auf der dem Dock zugekehrten Seite dagegen mit Eisenblech verkleidet. *)

*) *The theory, formation and construction of British and foreign harbours, by J. Rennie. London 1854. Vol. I. p. 35.*

Das Eisenblech wurde schon mehrfach statt des Bohlenbelags gewählt. In neuerer Zeit hat man indessen angefangen auch zu den Verbandstücken statt des Holzes und Gufseisens, gewalztes Eisen zu verwenden. Namentlich ist dieses vielfach geschehn, seitdem die Hütten Schienen von beliebig geformtem und zum Theil von sehr bedeutendem Querschnitt und zugleich von großer Länge liefern. Die Benutzung solcher zu Thorriegeln hat vergleichungsweise mit den gusseisernen den großen Vorzug, daß sie nicht spröde sind, und daher beim Gegenstoßen der Schiffe und beim heftigen Zuschlagen der Thore nicht brechen. In Betreff ihrer Beschädigung durch Rost, namentlich beim Zutritt des Seewassers, war man Anfangs sehr besorgt, doch haben die bisherigen Erfahrungen ein solches Bedenken nicht bestätigt.

Besondere Schwierigkeit bot anfangs die Darstellung der Wendesäulen aus gewalztem Eisen, vorzugsweise wenn dieselben größere Längen hatten, woher man, wie in der Schleuse vor dem neuen Dock von Bremerhaven, dieses Verbandstück aus Gufseisen darstellte, während die Riegel und die Schlagsäule aus gewalztem Eisen bestanden. Vor die cylindrische Fläche der Wendesäule, soweit dieselbe sich an die Wendenische lehnt, dürfen freilich Niethköpfe nicht vortreten, aber bei Anwendung starker Bleche, die schon in Bezug auf die Festigkeit gewählt werden müssen, ließen sich diese Köpfe leicht versenken, oder man konnte statt der Niethe auch Schrauben mit versenkten Köpfen verwenden. Wenn aber in solcher Berührungsfläche die Anbringung eines Stosses nicht vermieden werden kann, so geschieht die Verbindung durch untergelegte andre Bleche. Diese Schwierigkeiten sind gegenwärtig vollständig überwunden, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, woher die Anwendung des Gufseisens zu Verbandstücken der Thore, wie es scheint, ganz aufgehört hat.

Soviel bekannt, sind die ersten, ganz aus gewalztem Eisen bestehenden Thore, im Jahr 1845 bei der 39sten Schleuse des Rhein-Rhone-Canals vor dem großen Bassin bei Mühlhausen durch den Ingenieur Detzem entworfen und ausgeführt.

Diese Schleuse ist in den Häuptern 17 Fufs weit, ihr Gefälle beträgt 4 Fufs 9 Zoll. Die Thore sind 10 Fufs 4 Zoll breit, die Höhe der Oberthore mißt $7\frac{1}{2}$ Fufs, die der Unterthore 12 Fufs 4 Zoll.

Die Wendesäule besteht, wie die beiden horizontalen Durchschnitte derselben Fig. 251 *b* und *d* auf Taf. XXXII zeigen, aus zwei Blechen von 7 Linien Stärke, die so gebogen sind, daß sie nach ihrer Zusammensetzung einen freien Raum von 12 Zoll Länge und 9 Zoll Breite einschließen. Neben ihren äußern Rändern bei *A* und *A'* sind sie durch Reihen von Niethen mit einander verbunden. Der Abstand derselben von Mitte zu Mitte beträgt $2\frac{1}{4}$ Zoll. Man sieht diese auch in den übrigen Figuren. Auf der den Riegeln zugekehrten Seite bildet die Wendesäule eine ebne Fläche, die zwischen je zwei Riegeln mit Oeffnungen versehen ist, durch welche die verschiedenen Niethe und Schraubenbolzen eingesetzt werden konnten. Die Wendesäulen der Oberthore ließen sich durch einfache Blechlängen darstellen, bei den Unterthoren war dieses jedoch nicht möglich. Bleche von solcher Länge waren freilich zu beschaffen, es fehlte jedoch an entsprechenden Oefen, worin man sie behufs des Biegens glühend machen konnte. Die Säulen mußten daher in der Mitte gestossen werden. Zu diesem Zweck wurde ein andres Blech von gleicher Stärke und passend gebogen hineingeschoben, welches den Stofs auf der innern Seite überdeckte, und an die ersten Bleche, welche die eigentliche Säule bildeten, ange-niethet wurde.

In das obere Ende der so dargestellten Säule schob man einen passend geformten Block von Gufseisen ein, Fig. *a* und *b*. Die Höhe desselben mißt $4\frac{1}{2}$ Zoll, und in ihn war der schmiedeeiserne abgedrehte Zapfen von 4 Zoll Durchmesser eingegossen. Durch zwei Schrauben *B* und *B'* ist dieser Klotz, der den Raum scharf ausfüllt, befestigt. Ein ähnlicher Klotz, der die Pfanne für den untern Thorzapfen bildet, ist in das untere Ende der Säule eingeschoben und in gleicher Art befestigt (Figur *c*). Die erwähnten Schrauben *B* und *B'* sind mit versenkten Köpfen versehen, und diese wurden später sorgfältig abgefeilt, so daß sie die Flächen, welche mit der Wendenische in Berührung kamen, nicht unterbrachen.

Es muß erwähnt werden, daß hier keine Versetzung der Drehungsachse vorkommt. Die Achse des Zapfens ist zugleich auch Achse der cylindrischen Fläche der Wendesäule. Die Wendesäule lehnt sich aber, sobald das Thor geschlossen ist, nicht an die Wendenische, vielmehr bleibt zwischen beiden ein freier Raum, der

etwa 1 Zoll weit ist. Die Reibung wird hierdurch freilich vermieden, aber der Druck der sämtlichen Riegel überträgt sich auf die Wendesäule und den obern Zapfen derselben. Der wasserdichte Schluß bildet sich am äußern Rande der Wendenische, indem die Wendesäule bei *B'* sich scharf gegen diesen lehnt.

Die Schlagsäule besteht aus Eichenholz, und wird sowol an der Seite, wo die Riegel dagegen stoßen, als auch nach dem Oberwasser hin durch ein im rechten Winkel gebogenes Blech von 7 Linien Stärke und 1 Fuß Breite umfaßt. An dasselbe ist sowol dieser hölzerne Stiel, wie auch jeder Riegel oder Rahm mittelst Schrauben befestigt.

Die Riegel wie die Rahme, welche den $9\frac{1}{2}$ Fuß weiten Raum zwischen der Wendesäule und Schlagsäule überspannen, sind aus Blechen von $12\frac{1}{2}$ Zoll Breite und 5 Linien Stärke dargestellt, indem man diesen durch zweimaliges Umbiegen einen rinnenförmigen Querschnitt gab, wie Fig. *f* zeigt. An beiden Enden sind sie aber in den Kanten auf 4 Zoll Länge aufgeschnitten. Der mittlere Theil, gleichsam die Sohle der Rinne, ist in gleicher Richtung fortgeführt, und an die Seitenfläche der Wende- wie der Schlagsäule durch zwei Schrauben befestigt (Fig. *d* und *c*). Die beiden andern Lappen sind dagegen rechtwinklig und zwar auswärts umgebogen und jedesmal mit vier Schrauben an die sich gegenüberstehenden Seiten der Wendesäule und der Schlagsäule angeschoben. Fig. *d* zeigt diese Verbindung im horizontalen Querschnitt der Wendesäule, Fig. *c* und *f* dagegen in der Seiten-Ansicht vom Unterwasser und vom Innern des Thors aus gesehen. Die Verbindung des obern Rahms mit der Wendesäule zeigt Fig. *a* und *b* im vertikalen und horizontalen Querschnitt. Der obere Lappen des Rahms ist hier abwärts gebogen. Im untern Riegel oder im Schwellrahm verbreiten sich die Lappen nach oben und unten, doch ist daselbst an den Riegel eine eichene Schwelle gebolzt, die beim Schließen des Thors sich an die Schlagschwelle lehnt (Fig. *c*).

Die Oberthore haben mit Einschluss der beiden Rahme vier, die Unterthore dagegen fünf Riegel. Zur Verstärkung derselben sind noch jedesmal zwei ähnlich geformte Stützen in die Zwischenräume aufrecht gestellt und an sie geniethet. Dieselben bilden also Mittelstiele, und dienen zur Befestigung der eisernen Schützleisten.

Auf der Seite des Oberwassers sind die Felder durch aufgeniethete Bleche von $1\frac{1}{2}$ Linien Stärke verkleidet. *)

Seitdem sind vielfach Schleusenthore aus gewalztem Eisen zur Ausführung gekommen, und zwar vorzugsweise, wenn es sich um die Darstellung besonders großer Thore handelte, indem die Beschaffung der erforderlichen langen und starken Hölzer oft unüberwindliche Schwierigkeiten bot. In Deutschland war die Dockschleuse vor dem neuen Dock in Bremerhaven das erste Bauwerk, wo Thore dieser Art zur Anwendung kamen, wenn freilich dabei die Wendesäulen noch aus kürzeren gusseisernen Cylindern zusammengesetzt wurden, deren Flanschen nach innen vortraten, und hier zusammengeschoben wurden. Die Riegel und Rahme bestehn dagegen aus gewalztem Eisen und sind auf beiden Seiten mit Blech verkleidet, wodurch sich dazwischen wasserdichte Räume bilden, die man beliebig mit Wasser anfüllen kann, so daß die Thore nahe schwimmen, und wenn sie geöffnet sind, nur geringen Druck auf die Zapfen ausüben. Die lichte Weite der Schleuse mißt $66\frac{1}{2}$ Fuß, und die Fluththore sind nahe 40 Fuß hoch. Letztere sind in der Maschinenfabrik von Waltjen bei Bremen erbaut, und man hat dabei auch besondere Vorkehrungen getroffen, das Rosten des Eisens zu verhindern, oder wenigstens zu mäßigen. An jedem Thore befindet sich nämlich nahe unter dem niedrigsten Wasser ein Kästchen, worin eine dicke Zinkplatte liegt, von welcher aus Zinkstreifen nach verschiedenen Theilen des Thors führen. Die Oxydation findet vorzugsweise in der Zinkplatte statt, und diese kann, so oft sie zerstört ist, erneuert werden. Welche Erfolge diese Anordnung gehabt hat, ist nicht bekannt geworden, doch haben die Thore bis jetzt noch keine auffallenden Beschädigungen gezeigt.

Die Thore in der Eingangsschleuse zum Hafen Geestemünde, die im Jahr 1861 eingehängt wurden, bestehn ganz aus gewalztem Eisen. Die Schleuse hat zwei Paar Ebbethore, und bildet also eine vollständige Schiffsschleuse, durch welche die Schiffe, so lange der Wasserstand in der Geeste es gestattet, bequem in den Hafen ein- und ausgehn können, in welchem der Wasserstand der Fluth gehalten wird. Zur Sicherung gegen ungewöhnliche Fluthen ist

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1849. II. p. 177.

aber noch ein drittes Thorpaar angebracht, welches den Eintritt des höchsten Wassers in den Hafen verhindert.

Die lichte Durchfahrtsweite mißt $74\frac{1}{2}$ Fuß. Jedes Thor ist, in der Sehne gemessen, von der Wendesäule bis zur Schlagsäule 44 Fuß lang, in der dem Oberwasser zugekehrten Seite bildet es eine cylindrische Fläche, deren Radius 56 Fuß mißt. Die Anordnung ist hier so getroffen, daß beide Thore eines Paares, wenn sie geschlossen sind, an den Schlagsäulen keine vortretende Kante bilden, sondern ohne Unterbrechung ihre cylindrischen Flächen fortsetzen. Die beiden Paare Ebbethore, welche die Kammer begrenzen, sind 237 Fuß von einander entfernt. Ihre Höhe mißt nahe 30 Fuß, während die Fluththore 40 Fuß hoch sind. Die Stärke der Thore mit Einschluss der beiderseitigen Blechbekleidungen mißt in der Mitte $31\frac{1}{2}$ Zoll, neben den Schlag- und Wendesäulen dagegen 25 Zoll.

Die Riegel, welche in Abständen von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Fuß von einander entfernt sind, bestehn aus Blechen von 5 bis 7 sechszehntel Zoll, indem sowol die Abstände geringer, wie die Stärken der Bleche bei zunehmender Tiefe größer werden. Um das Durchbiegen der Riegel in vertikaler Richtung zu verhindern, sind an beiden Seiten sowol oben wie unten Eckeisen dagegen geniethet, und andre Niethe, welche durch die Blechbekleidungen hindurchgreifen, verbinden die vertikalen Flächen der Eckeisen mit auswärts angebrachten Schienen.

Zwischen die Riegel sind jedesmal in nahe gleichen Abständen noch je drei Bleche gestellt, die also drei Mittelstiele bilden. Sie sind durch Eckeisen mit den Riegeln und eben so auch mit auswärts angebrachten Laschen verniethet. Die Bleche, welche die äußere Verkleidung bilden, sind unten $\frac{1}{2}$ Zoll, oben $\frac{3}{8}$ Zoll stark. Sie sind ungefähr 9 Fuß lang und so breit, daß sie von einem Riegel bis zum nächsten greifen.

Die sämtlichen Riegel sind an beiden Enden mit aufrecht stehenden starken Blechen verbunden. An diese schließt sich die Wendesäule an, deren Querschnitt nahe einen Halbkreis von etwa 16 Zoll Radius bildet. Der Umfang derselben besteht aus $\frac{3}{4}$ zölligen, passend gebogenen Platten, und zu ihrer Sicherung sind T-Eisen eingelegt, die in gleicher Weise gebogen sind. Eine am obern Ende gegen Eckeisen geniethete 3 Fuß lange und 2 Zoll starke

Eisenplatte trägt in einem aufgeschrobenen Ringe den obern Stahlzapfen von 8 Zoll Durchmesser. Unten dagegen ist ein Block aus Gusseisen mit der Pfanne für den untern Zapfen eingesetzt.

Die Schlagsäule besteht aus Eichenholz und an den untern Riegel, oder den Schwellrahm ist eine starke eichene Bohle befestigt, die sich gegen die Schlagschwelle lehnt.

Die Wendesäule berührt bei geschlossnem Thore die Wendesische, beim Oeffnen entfernt sie sich jedoch davon, indem die Drehungs-Achse um 1 Zoll versetzt ist. Obwohl hierdurch schon ein ziemlich dichter Schluss veranlasst wurde, so ist dennoch in der einspringenden Ecke zwischen der Wendesäule und den Riegeln noch ein eicherner Stiel befestigt, der sich gegen den äussern Rand der Wendesische lehnt *).

Aehnliche Schleusenthore waren schon etwas früher in den Niederlanden und zwar gleichfalls in grossen Dimensionen zur Ausführung gekommen**). Besonders wichtig sind diejenigen, die beim Neubau der Schleuse Wilhelm III an der Mündung des Nord-Holländischen Canals in das Y in den Jahren 1861 bis 1865 unter Leitung des verstorbenen General-Inspectors des Wassertsaaes Conrad zur Ausführung kamen.

Es ist uöthig über diese Schleuse noch einige Bemerkungen voran zu schicken. Die Local-Verhältnisse habe ich früher im Allgemeinen bezeichnet***). Bei Erbauung des Canals wurde die südliche Mündung desselben, und mit dieser die erste Schleuse auf die Spitzen einer niedrigen, weit in das Y vortretenden Halbinsel verlegt. Letztere wurde zwar an beiden Seiten bis zur Schleuse eingedeicht, da man indessen die neuen Deiche nicht für hinreichend sicher hielt, so wurde zum Schutz des überaus fruchtbaren und unter der gewöhnlichen Fluthhöhe belegenen Binnenlandes an der Stelle, wo der Canal den alten Banndeich durchschnitt, in der Nähe von Buiksloot, noch eine Schleuse mit zwei Thorpaaren erbaut. Dieselbe dient nicht wie andre Schiffsschleusen zur Ueberführung

*) Die nähere Beschreibung dieser Thore verbunden mit der speciellen Berechnung der nöthigen Eisenstärken hat der Ober-Maschinenmeister Welker in der Zeitschrift des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur Vereins Vol. XI. 1865 Seite 226 mitgetheilt.

**) In demselben Bande der Hannoverschen Zeitschrift. Seite 492.

***) Beschreibung neuerer Wasserbauwerke 1826. Seite 62.

der Schiffe aus einem niedrigeren in ein höheres Niveau oder umgekehrt, vielmehr sollten diese Thore unter gewöhnlichen Verhältnissen geöffnet bleiben und nur bei sehr hohen Wasserständen des *Y* oder bei heftigen Stürmen, wenn ein Durchbruch der neuen Deiche besorgt wird, geschlossen werden. Man wollte alsdann aber beide Thorpaare benutzen, um im Falle eines solchen Ereignisses den Wasserdruck zu vertheilen. Jene erste Anlage bestand aus zwei neben einander befindlichen Schleusen. Die eine derselben, die Wilhelms-Schleuse, für den Durchgang der grössten Schiffe bestimmt, war zwischen Thore 50 Fuss weit, und 200 Fuss in der Kammer lang. Daneben befand sich eine kleinere von 19 Fuss Weite und 70 Fuss Länge.

Die Wilhelms-Schleuse war im Lauf der Zeit so schadhaft geworden, dass sie nicht mehr die nöthige Sicherheit bot, da jedoch die Schifffahrt nicht unterbrochen werden durfte, so baute man daneben eine dritte und zwar noch grössere Schleuse, die Schleuse Wilhelm III genannt, deren Dimensionen den grössten jetzt vorkommenden Schiffen entsprach. Eine Aenderung der früheren Anordnung war auch zulässig, indem jene Sicherheits-Schleuse im Banndeich aufgegeben werden durfte, insofern der neue Deich in der Zwischenzeit sich gehörig befestigt hatte. Nichts desto weniger durfte die Sicherstellung der dahinter belegenen Marschen nicht ausser Acht gelassen werden, und man versah daher diese neue Schleuse in der Mitte ihrer Kammer noch mit einem dritten Paar Fluththore, das beim Eintritt der Gefahr geschlossen werden, und einen Theil des Wasserdrucks aufnehmen sollte.

Das Wasser steigt bei ungewöhnlichen Sturmfluthen bis 8 Fuss über die mittlere Fluthhöhe bei Amsterdam, welche in den Niederlanden der Normalhorizont ist, und mit *AP* (Amsterdamer Pegel) bezeichnet wird. Dagegen ist der Wasserstand des *Y* in einzelnen Fällen bis 8 Fuss $1\frac{1}{2}$ Zoll unter *AP* herabgesunken. Der mittlere Fluthwechsel beträgt dagegen noch keinen vollen Fuss. Der Wasserstand in den umschliessenden Marschen Nordhollands wird auf $3\frac{1}{2}$ Fuss unter *AP* künstlich gesenkt. Um die Schifffahrt dauernd zu sichern, musste daher die Kammer an beiden Eingängen sowohl Fluth- als Ebbethore erhalten. Indem Schiffe von 20 Fuss 9 Zoll Tiefgang die Schleuse passiren sollten, so wurden die Schlagwellen auf 23 Fuss 3 Zoll unter *AP* gesenkt, die äussern Thore

dagegen $9\frac{3}{4}$ Fuss darüber aufgeführt. Ihre Höhe misst demnach 33 Fuss, die der Thore im Unterhaupte 27 Fuss 8 Zoll. Die lichte Weite in den Schleusenhäuptern beträgt 58 Fuss, und die ganze Länge der Kammer von Thor zu Thor 350 Fuss. Das dazwischen liegende Haupt, welches nur mit Fluththoren versehen ist, ist von den Oberthoren 143 Fuss und von den Unterthoren 207 Fuss entfernt.

Die Fluth- wie die Ebbethore in beiden äussern Häuptern sind aus Eisenblechen, aus Eckeisen und aus T - Eisen zusammengesetzt, während die Mittelthore aus creosotirtem Eichenholz bestehn. Jeder Thorflügel ist 32 Fuss 8 Zoll lang. Fig. 252 auf Taf. XXXII zeigt einen solchen, und zwar ein Oberthor. *a* ist die Ansicht vom Oberwasser aus gesehen, *b* der verticale und *c* der horizontale Querschnitt. Aus letzterm ersieht man, dass das Thor in der äussern Fläche schwach gewölbt ist, während seine innere, oder die dem Unterwasser zugekehrte Seite eine ebene Fläche bildet. Die beiderseitigen Bekleidungsbleche sind neben der Schlag- und Wendesäule 23 Zoll und in der Mitte des Thors $30\frac{1}{2}$ Zoll von einander entfernt.

Die Fluththore haben mit Einschluss des Schwellrahms 13 Riegel, statt des obern Rahms sind 2 halbe Riegel angebracht, die sich von der Wendesäule bis zur Mitte des Thors erstrecken, und nicht, wie die darunter befindlichen, aus einfachen Blechen bestehn, vielmehr liegen im obern vier und im folgenden zwei solcher Bleche übereinander. Sie dienen nur zur sichern Befestigung der Drehungsachse. Die Anzahl der Riegel in den Unterthoren ist um zwei geringer.

Die Riegel, deren Abstände von einander mit Ausschluss der obern halben Riegel nahe gleich gross sind, bestehn aus Blechen, deren Stärke von unten nach oben von 5 auf 4 Linien abnimmt. Sie sind, wie Fig. *l* im vertikalen Durchschnitt zeigt, unten und oben durch Eckeisen mit den Blechverkleidungen wasserdicht zusammengeriehtet, so dass zwischen je zweien derselben abgeschlossene Räume sich bilden. Die Bleche der Bekleidung, die sämmtlich aufrecht stehn, sind $3\frac{1}{2}$ bis 5 Linien stark. In den Stössen der Riegelplatten berühren sie sich ohne sich zu überdecken, indem sowohl oben wie unten zwischen den Eckeisen, wie Fig. *m* und *n* zeigt, noch Laschen eingelegt und mit einander verniethet sind. Die

Bleche der Bekleidung überdecken sich dagegen und beide Enden der zusammentreffenden Platten sind an die Eckeisen geniethet.

Jede Wendesäule besteht aus starken, nach der cylindrischen Fläche gekrümmten Blechen, die in den Stössen sich gleichfalls überdecken und an gebogene T-Eisen geniethet sind, doch sind die Niethe in die äussere Fläche versenkt. Auf diese Art wird die cylindrische Fläche nicht zusammenhängend dargestellt, wie Fig. *a* zeigt, sie tritt vielmehr abwechselnd um die Blechstärke zurück. Hiernach ist die Berührung mit der Wendenische bei geschlossnen Thoren unterbrochen, und deshalb musste noch nach Fig. *h* eine hölzerne Bohle angebracht werden, welche sich gegen den Rand der Wendenische lehnt. Diese Bohle greift mit einem Zapfen in diejenige ein, welche an den Schwellrahm gebolzt ist, und sich gegen die Schlagschwelle lehnt (Fig. *i* und *k*).

Die Drehungsachse des Thors ist gegen die Achse der cylindrischen Fläche sehr stark versetzt, wie man aus Fig. *f* ersieht. Das geschlossne Thor berührt aber mit den äusseren Blechen die Wendenische und überträgt auf diese den Druck. Der obere Zapfen ist mit einer 7 Fuss langen, grossentheils konisch geformten Spindel verbunden, welche durch die obere Riegel hindurch greift und unter dem fünften noch durch einen keilförmigen Splint fest gezogen wird. Fig. *g* zeigt den Zapfen mit dem oberen Theil der Spindel. Der untere Zapfen ist in einen eisernen Block eingegossen, der in der Komplatte (§. 65) liegt. In die Wendesäule ist eine gusseiserne Pfanne eingesetzt, Fig. *d* und *e*, deren aufwärts gekehrten Boden den Zapfen aber nicht unmittelbar berührt, vielmehr ruht auf diesem zunächst eine starke Scheibe von Bronze, um die Reibung möglichst zu vermindern, und über dieser befindet sich noch eine Ausfütterung von sehr festem Holz als elastische Zwischenlage.

Die Schlagsäule wird gleichfalls durch die gebogenen Bekleidungsbleche gebildet, wie Fig. *o* zeigt, und es ist daran ein hölzerner Stiel gebolzt, der in Verbindung mit demjenigen des andern Thors den wasserdichten Schluss bildet *).

Es ist bereits erwähnt worden, dass in diesen Thoren die Räume zwischen den einzelnen Riegeln durch die Bekleidungsbleche

*) Die vorstehende Beschreibung ist entnommen aus der *Tijdschrift van het koninklijk Instituut van Ingenieurs*. Jahrgang 1870—1871 pag. 159.

wasserdicht umschlossen wurden, wenn sie daher sämmtlich mit Luft gefüllt, wären, so würde das Thor aufschwimmen, dessen Eintauchung sich aus Fig. *a* ergibt. *AP* bezeichnet nämlich die mittlere Fluthhöhe im *Y* und *BW* den Binnen-Wasserstand. Durch die untere, neben der Wendesäule befindliche kleine und verschliessbare Oeffnung kann man in diese Räume Wasser einlassen. Gewöhnlich sind nur die drei untern Räume gefüllt, in welchem Fall das Thor nur einen mässigen Druck auf den untern Zapfen ausübt. Beim Einlassen des Wassers musste aber noch für das Entweichen der Luft gesorgt werden, und hierzu dienen Röhren im Innern des Thors. Das Wasser tritt indessen trübe in das Thor ein, und es bilden sich daher darin Schlammniederschläge, die von Zeit zu Zeit beseitigt werden müssen. Daher war es noch nöthig, Druckpumpen im Innern anzubringen, um das Wasser zu entfernen. Dieses fliesst durch die neben der Schlagsäule angedeutete Oeffnung aus. Ausserdem befindet sich zu diesem Zweck in jedem Riegel ein Mannloch durch welches die Leute behufs der Reinigung bis zum Schwellrahm herabsteigen können. Die Mannlöcher werden aber nach der Reinigung durch aufgelegte passende Platten verdeckt und mittelst Schrauben luftdicht geschlossen.

Bei dem noch in der Ausführung begriffnen Canal, welcher das trocken zu legende *Y* durchneiden und in westlicher Richtung die unmittelbare Verbindung zwischen Amsterdam und der Nordsee darstellen soll, erhalten die Seeschleusen in der Nähe von Velsen gleichfalls Thore aus gewalztem Eisen. Die Hauptschleuse ist 57 Fuss 3 Zoll weit geöffnet. Bei den Thoren derselben ist die eigenthümliche Anordnung getroffen, dass die Wendesäule nicht nur seitwärts zur Darstellung des wasserdichten Verschlusses mit Holz verkleidet ist, wie bei der Schlense Wilhelm III, sondern dass ausserdem noch eine hölzerne Säule im Rücken der Wendesäule angebracht ist, die bei geschlossnen Thoren den Druck unmittelbar auf die Wendenische überträgt *).

In den zuletzt beschriebnen Schleusenthoren ist der wasserdichte Abschluss derselben gegen die Wendenischen durch eine an jedes Thor gebolzte Bohle vermittelt. Die regelmässige Abrundung der Wendesäule nach der cylindrischen Fläche, die keinen andern

*) Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1872. Seite 383.

Zweck hat, als das Durchdringen den Wassers zu verhindern, war daher entbehrlich. Die ganze Wendesäule darf sogar bei dieser Anordnung fortfallen, und es genügt, aus dem obern und untern Rahm starke Platten mit den Zapfen vortreten zu lassen, um welche das Thor sich dreht. Alsdann muss indessen noch in anderer Weise die zweite Bedingung erfüllt werden, dass nämlich die Riegel, während die Thore geschlossen sind, sich fest gegen die Wendenische lehnen, und dadurch gegen den Druck in ihrer Längenrichtung gesichert werden, den das Wasser auf sie ausübt. Dieses geschieht am einfachsten, wenn man die Riegel rückwärts verlängert, so dass sie beim Schliessen der Thore die Wendenische berühren.

Eine Anordnung dieser Art wurde, soviel bekannt, zuerst im Jahr 1863 vom Ingenieur Malézieux bei der Schleuse von Charenton getroffen *), welche den Canal St. Maurice, der vom Canal St. Maur abgeht, mit der Seine verbindet. Hiernächst sind verschiedene andre Schleusen in Frankreich, und zwar bis zur lichten Weite von 38 Fuss mit ähnlichen Thoren versehen. Doch hielt man es für entbehrlich, jeden einzelnen Riegel mit der Wendenische in Verbindung zu setzen, vielmehr geschah dieses in den Unterthoren der Schleuse bei Charenton nur zweimal bei zehn Riegeln. Auch bei uns hat diese Constructions-Art Eingang gefunden. Die Schleusenthore des Ihle-Canals **) sind auf den Vorschlag und unter Leitung des damaligen Wasser-Bauinspector Ludwig Hagen in solcher Weise ausgeführt. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf diese Thore.

Die lichte Weite der drei Schleusen misst $25\frac{1}{2}$ Fuss. Die Niveaudifferenzen, welche zu Zeiten neben den Thoren sich bilden, sind sehr verschieden. Am grössten sind sie an den Oberthoren der Niegripper Schleuse, zur Zeit der höchsten Anschwellung der Elbe, bei den auf Taf. XLVI dargestellten Unterthoren der Ihleburger und Bergzower Schleuse misst sie im Maximum nur 8 Fuss 3 Zoll. Hiernach sind die hier angegebenen Stärken der Verbandstücke und Bleche berechnet. Es ist dabei jedoch die Einfachheit

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1865. I pag. 139.

**) Die Fundirung derselben Schleusen ist im ersten Theil dieses Handbuchs § 47 beschrieben.

der Construction in sofern berücksichtigt, als bei dem ganzen Thor jedesmal nur Schienen von gleichem Profil verwendet wurden. Aus demselben Grunde ist auch von der Krümmung der Riegel und Rahmen abgesehen, wodurch die Kosten der Anfertigung sich mehr gesteigert hätten, als an Material gespart wäre.

Fig. *a* zeigt das Thor vom Unterwasser aus gesehen, *b* dasselbe von der Rückseite oder die Ansicht der Wendesäule, und zwar wenn das Thor in der Thornische liegt. *c* ist ein vertikaler Durchschnitt des gegen die Schlagschwelle sich lehnenen Thors und *d* ein horizontaler Querschnitt bei gleicher Stellung.

Die Haupt-Verbandstücke des Thor sind sogenannte I oder doppelte T-Schienen, deren Profil Fig. *e* zeigt. Die ganze Breite derselben misst 12,2 Zoll, die Breite der äussern Ränder 5,2 und die Stärke derselben durchschnittlich 0,7 Zoll. Die Stärke des mittleren Steges, der 10,8 Zoll breit ist, einen halben Zoll. Aus diesen Schienen, die durch Eckeisen verbunden sind, ist ein nahe quadratischer Rahmen gebildet, der das ganze Thor umgiebt. Aus denselben Schienen bestehn auch die Riegel, die in gleicher Weise sich an die aufrecht stehenden Theile des Rahmens anschliessen, wie Fig. *g*, *h*, *k* und *o* zeigt. Diese aufrecht stehenden Schienen sind aber in der Verbindung mit den Riegeln nicht eingeschnitten, sondern setzen sich in vollen Profilen fort, wogegen von den Riegeln, so weit es nöthig, die beiderseitigen Ränder entfernt sind, um die unmittelbare Berührung der Stege zu ermöglichen (Fig. *h*). In den vier Ecken des Rahmens, sind dagegen die Schienen in der Schmiege oder unter halben rechten Winkel abgeschnitten (Fig. *g* und *k*).

Um das Versacken der Thore zu verhindern, ist eine eiserne Zugstange von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke in diagonalen Richtung durch die sämtlichen Riegel hindurchgezogen, die so oft es nöthig sein sollte, durch Anziehn der Schrauben an ihren beiden Enden verkürzt werden kann. Diese Stange lehnt sich sowol oben wie unten gegen starke Eisenplatten.

Der obere Thorzapfen und eben so auch die Pfanne des untern Zapfens sind mit besondern Platten verbunden, welche an den obern und untern Rahm geschroben sind. Die obere Platte in ihrer Verbindung mit dem Thor ist Fig. *f* und *g* dargestellt, Fig. *l* zeigt sie dagegen in der Ansicht von hinten. Sie besteht aus Schmiedeeisen, und wenn es auch Absicht war, ihren abwärts gekehrten

Schenkel so lang zu machen, dass derselbe durch vier Schrauben unmittelbar mit der aufrecht stehenden Schiene verbunden werden konnte, so musste doch hiervon abgesehen werden, weil das Ausschmieden dieses Stücks schon in der schliesslich gewählten und Fig. *g* gezeichneten Form grosse Schwierigkeiten bot. Die Platte ist $1\frac{1}{2}$ Zoll stark, $24\frac{1}{2}$ Zoll lang und 11 Zoll breit, so dass sie den Raum zwischen den vortretenden Rändern der obern Schiene füllt. An ihr befindet sich zunächst der 5 Zoll hohe und im cylindrischen Theile 4 Zoll starke Zapfen, sodann der schräge konische Ansatz, durch welchen die Zugstange hindurch gezogen ist, und endlich der bereits erwähnte herabreichende Schenkel. Diese ganze Zusammensetzung musste aus einem Stück geschmiedet werden, während der Zapfen abgedreht und der vortretende Theil der Platte sorgfältig nach der Schablone geformt wurde.

Die an die untere Schiene geschrobene Platte, welche die Pfanne für den untern Zapfen enthält, besteht eben so wie dieser Zapfen aus Gufseisen. Sie ist im Ganzen 20 Zoll lang, und ihre Stärke misst 2 Zoll. Fig. *k* zeigt sie in ihrer Verbindung mit dem Thor, Fig. *n* in der Ansicht von unten und Fig. *m* von der Rückseite.

Die gufseiserne Platte, aus welcher der an sie angegossene untere Zapfen vortritt, ist achteckig pyramidal gestaltet und in ein Werkstück eingelassen.

Die an den obern, wie an den untern Rahm befestigten Platten setzen sich rückwärts so weit fort, dass sie, sobald das Thor geschlossen wird, unmittelbar die Wendenische berühren. Auch bei den zwischenliegenden Riegeln war dieses nothwendig, weil sonst in Folge des Wasserdrucks die Schiene, welche die Stelle der Wendensäule vertritt, durchbiegen würde. Zu diesem Zweck ist an diese Schiene in der Richtung jedes Riegels noch eine gufseiserne Platte von gleicher Form, wie die obere und untere aufgeschoben, die gleichfalls beim Schliessen des Thors sich an die Wendenische lehnt. Fig. *h* zeigt eine solche Platte mit den Verstärkungsrippen in der Verbindung mit dem Thor.

Aus Fig. *d* ergibt sich, wie bei geschlossenem Thor der Ansatz in der Verlängerung eines Riegels unmittelbar die Wendenische berührt und sich dagegen stützt. In Fig. *f* ist dagegen ein Theil des in die Thornische zurückgeschlagenen Thors gezeichnet, und

man sieht, wie die Platte in dieser Stellung ganz frei liegt, also keine Reibung veranlaßt. Diese Figur, so wie auch *n* zeigen, daß die Platten durch keine zusammenhängenden Kreislinien begrenzt werden, dieses geschieht vielmehr durch je zwei Kreis-Linien von verschiedner Krümmung und die Drehungsachse ist so gewählt, dass die Berührung nur beim Schluss des Thors erfolgt.

Diese Berührung findet aber keineswegs, wie sonst geschieht, in der ganzen Ausdehnung einer Wendesäule statt, sondern nur in der geringen Stärke der einzelnen Platten, und es war daher zu besorgen, dass die Werkstücke, welche die Wendenische bilden, an diesen Stellen stark ausgeschliffen werden möchten, wodurch der horizontale Druck wieder auf den obern Zapfen übertragen würde. Es sind deshalb noch gusseiserne, rückwärts mit Verstärkungsrippen versehene Platten in die betreffenden Werkstücke der Wendenische eingelassen und jedesmal mit vier darin vergossenen Schraubenbolzen befestigt, wie in den Figuren *h* und *i* ersichtlich.

Auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite sind die Thore mit Blech verkleidet. Die Riegel sind so vertheilt, dass für diese Bleche die Stärke von 4 Linien genügt. Die Bleche sind an sämtliche Ränder der Schienen wasserdicht angeniethet, und zwischen den Riegeln in den Stößen in gleicher Weise unter sich verbunden. Um den Hauptverbandstücken des Thors eine noch innigere Verbindung zu geben, sind ausserdem auch auf der Seite des Unterwassers sowol an der Wendesäule, wie an der Schlagsäule zwei 1 Fuss breite Blechstreifen von derselben Stärke an die Ränder der vertikalen und horizontalen Riegel geniethet, und an den frei liegenden Seiten durch schwache Eckeisen verstärkt, wie Fig. *a*, *d*, *f* und *p* zeigen.

Durch die bisher beschriebenen Eisen-Verbindungen ist der erforderliche wasserdichte Schluss noch keineswegs dargestellt, vielmehr bleiben bei geschlossnen Thoren an beiden Seiten, wie auch unten weit geöffnete Fugen. Um diese zu schliessen ist zunächst in der Nähe der Drehungs-Achse eine 7 Zoll breite und 3 Zoll starke eichene Bohle an die Ränder der aufrecht stehenden Schiene geschoben, die beim Schliessen des Thors sich gegen den vortretenden Theil der Wendenische lehnt (Fig. *f*). An der entgegengesetzten Seite bildet eine starke Säule aus Eichenholz die

eigentliche Schlagsäule (Fig. *p*) und endlich ist noch eine eichene Bohle gegen die untere Schiene gebolzt, die sich an die Schlagchwelle lehnt, wie in Fig. *c*, auch in *o* und *p* zu sehn.

Die Anordnung der Laufbrücke, die auf zwei Eisenstäben ruht, ergiebt sich aus der Figur. Von dem Halsbande, das den obern Zapfen hält, wie auch von den hier angebrachten Schützen und der Vorrichtung zum Ziehn derselben wird im folgenden die Rede sein.

Die früher beschriebenen grössern eisernen Schleusenthore werden zum Theil vom Wasser getragen, indem sie abgeschlossene Kasten bilden, welche man ganz auspumpen, oder beliebig mit Wasser füllen kann, um ihnen das nöthige Gewicht zu geben. Sie bilden sonach den Uebergang zu einer andern Art des Verschlusses grosser Oeffnungen, nämlich zu den sogenannten Ponton-Thoren. Indem diese aber sehr mühsam zu handhaben sind, so kommen sie bei eigentlichen Schiffsschleusen nicht vor, vielmehr nur bei Trockendocks, die zur Reparatur und zum Neubau von Seeschiffen dienen. Ihre Beschreibung wird daher passender bei Behandlung der Seehäfen gegeben. Hier mag nur erwähnt werden, dass sie beim Ein- und Ausbringen vor die Mündungen der Bassins frei, wie Schiffe, schwimmen, und man sie durch Einlassen von Wasser versenkt, sobald sie den Verschluss darstellen sollen. Bei dem von Brunel erbauten Dock in Bristol dreht sich indessen ein solches Ponton, wie ein Schleusenthor, welches die ganze Oeffnung umfasst, um eine lothrechte eiserne Achse. Fig. 315 auf Taf. XLV zeigt dasselbe, *a* in der Ansicht von oben, *b* in der dem Oberwasser zugekehrten Seite und *c* im vertikalen Durchschnitt durch seine Mittellinie. Die durch dasselbe geschlossene Oeffnung ist 52 Fuss weit und 28 Fuss hoch.

Dieses Ponton besteht ganz aus Eisen, es ist wie ein eisernes Schiff zusammengesetzt und bildet im obern Theil einen horizontalen Bogen, so dass es wie ein Gewölbe den Wasserdruck auf die Mauern des Docks überträgt. Durch seine ganze Länge sind zwei horizontale Mittel-Böden, gleichfalls aus Blech bestehend, gezogen. Sie theilen das Thor seiner Höhe nach in drei abgeschlossene Räume. Der untere steht durch einige Seiten-Oeffnungen fortwährend mit dem Vor-Hafen in Verbindung. Sobald in letzterm die Fluth bis zur Höhe des untern Bodens steigt, so füllt sich der unter Raum ganz mit Wasser, wodurch die Stabilität des Ponton-

Thors vergrössert wird. Der mittlere Raum ist stets frei von Wasser. Durch denselben führen zwei Blechröhren von quadratischem Querschnitt hindurch, die an den Seiten durch Schütze wasserdicht geschlossen werden können. Durch dieselben wird das Trocken-Dock unter Wasser gesetzt. Der obere Raum endlich wird soweit mit Wasser angefüllt, dass das Thor, wenn es keinen Seitendruck erfährt, nur mit einem geringen Gewicht die unter ihm befindlichen Rollen belastet. Soll es dagegen die Mündung des Docks schliessen und selbst bei hohen Fluthen nicht aufschwimmen, so lässt man auch den obern Raum voll Wasser laufen.

Die Drehung erfolgt, wie bereits erwähnt, um eine an der Seite befindliche eiserne Achse, welche sowohl oben wie unten durch das Thor greift. Letzteres ruht auf zwei grossen Rädern, die auf kreisförmigen Bahnen laufen. Beim Oeffnen tritt das Thor in eine seitwärts befindliche Nische. Wenn es geschlossen wird, lehnt es sich mit dem Kiel gegen eine Schwelle und mit beiden Steven gegen vertikale Vorsprünge der Mauer. Der wasserdichte Schluss wird durch aufgebolzte Mahagony-Planken dargestellt.

Ob dieses Thor im Gebrauch sich besonders bequem erwiesen hat, ist nicht bekannt, doch hat es keine weitere Nachahmung gefunden, vielmehr hat man auch später die Ponton-Thore stets so eingerichtet, dass sie sich nicht um feste Achsen drehn, sondern frei schwimmen.

§. 69.

Befestigung der Schleusenthore.

Die Achsen, um welche die Schleusenthore sich drehn, werden gebildet durch zwei lothrecht über einander stehende cylindrische Zapfen, von denen einer über, der andre unter der Wendsäule sich befindet. Der obere wird von einem Halsbande umfasst, während der untere in einer Pfanne ruht. Der letztere trägt das Thor, während der erstere nur die Stellung desselben sichert und zuweilen auch dem Horizontaldruck, den das Wasser auf das Thor ausübt, Widerstand leisten muss. Solchem Druck ist der untere Zapfen nicht ausgesetzt, da der untere Rahm des Thors sich un-

mittelbar gegen die Schlagschwelle lehnt, und hierdurch das Gleichgewicht schon vollständig dargestellt wird. Wie sehr es nöthig ist, auch den obern Zapfen von diesem Druck zu entlasten, oder dafür zu sorgen, dass die Wendesäule bei geschlossenem Thore in ganzer Länge, oder wenigstens an den Stellen, wo die Riegel in sie eingreifen, sich gegen die Wendenische lehnt, ist bereits nachgewiesen, hier soll nur von den Zapfen, Halsbändern und Pfannen die Rede sein.

Was den untern Zapfen betrifft, so pflegte man denselben in früherer Zeit eben so wie den obern in die Wendesäule einzusetzen und ihn aus dieser abwärts gekehrt heraustreten zu lassen. Er wurde alsdann in die Pfanne gestellt, die, wie bereits erwähnt, in ein Werkstück des Thorkammerbodens oder in ein hölzernes Verbandstück eingelassen war. Von dieser Anordnung ging man indessen im Anfange dieses Jahrhunderts sowol in England, wie in Frankreich (bei den Schleusen des Rochdale - Canals und des Canals von St. Quintin) ab, indem man bemerkte, dass die mit der Oeffnung nach oben gekehrten Pfannen leicht den vorbeitreibenden Sand aufnahmen, und alsdann nicht nur die Reibung sehr verstärkt, sondern auch der Zapfen in nachtheiliger Weise angegriffen wurde. Es muss erwähnt werden, dass Minard diese Erfahrung in Abrede stellt, und beim Ausheben der Thore niemals in solchen Pfannen Sand gefunden haben will, auch werden bis zur neusten Zeit sowohl in Frankreich, wie in den Niederlanden grössere und kleinere Schleusenthore nicht selten noch in jener früheren Art aufgestellt.

Nichts desto weniger fand die neuere Methode doch vielfach, und namentlich in England und Deutschland allgemein Eingang. Nach derselben wird die Pfanne in verkehrter Richtung, also in der Art, dass die Oeffnung abwärts liegt, in den Fuss der Wendesäule eingelassen, während der darin eingreifende Zapfen aufwärts gerichtet aus dem Schleusenboden vortritt. Es ist nicht zu leugnen, dass in diesem Fall das Eintreten des Sandes in die Pfanne nicht mehr zu besorgen ist.

Was das Material der Pfanne wie des untern Zapfen betrifft, so hat man sich mehrfach bemüht, dieses so zu wählen, dass die Reibung zwischen beiden möglichst geringe wird. Eytelwein empfiehlt in dieser Beziehung die Pfanne aus Glockenmetall und den

Zapfen aus Eisen darzustellen. Die zwischen beiden eintretende Reibung wird freilich durch das ganze Gewicht des Thors veranlasst, soweit dasselbe nicht durch das verdrängte Wasser sich vermindert, nichts desto weniger bleibt diese Reibung bei der geringen Stärke des Zapfens wohl immer sehr geringe, da überdiess die Berührungsflächen sich bald spiegelglatt abschleifen, während das Wasser jederzeit als Schmiere hinzutritt. Sonach erscheint die Anwendung von Glockenmetall nicht besonders dringend. Die Reibung verstärkt sich aber wesentlich, sobald die Pfanne oder der Zapfen sich schräge stellt, wodurch ein starkes Klemmen zwischen beiden eintritt, auch leicht die Befestigung sich löst und wesentliche Beschädigungen zu besorgen sind.

Dabei muss noch bemerkt werden, dass man andererseits auch die Bedingung aufgestellt hat, die Pfanne, wie der Zapfen müssten aus demselben Material bestehn, weil sonst eine electriche Strömung sich bildet, welche starke Oxydation veranlasst. Die Erfahrung scheint solche Besorgniss nicht gerade zu bestätigen, und es werden in neuerer Zeit ziemlich allgemein gusseisere Pfannen und schmiedeeiserne oder stählerne Zapfen angewendet.

Besonders wichtig ist es, die Pfanne und den Zapfen so sicher zu befestigen, dass sie ihre Lage nicht ändern können. Man darf sich daher nicht damit begnügen, die Pfanne nur in das Hirnholz der Wendesäule einzulassen, weil sie alsdann leicht ungleichmässig eindringt, oder sich dreht, selbst wenn sie äusserlich sechseckig geformt, oder mit wenig vortretenden Rippen versehen ist. Sie nimmt alsdann leicht eine schräge Stellung ein, und bei der starken Reibung die sie nunmehr erfährt, ist das Drehn und Ausbohren des Holzes nicht zu vermeiden. Viel zweckmässiger ist es, sie in einen vollständigen Schuh mit aufwärts gekehrten Rändern zu verwandeln, worin die Wendesäule steht. In diesem Fall ist der Druck über die ganze Stirnfläche der Säule gleichmässig vertheilt, und ein ungleiches Eindringen, wodurch die Pfanne oder der Zapfen eine schiefe Stellung annehmen würde, nicht mehr möglich. Ferner presst der obere Rand des Schuhes die Holzfasern zusammen und verhindert das Aufspalten der Säule, und endlich kann man mittelst dieses Randes, wenn derselbe hoch genug ist, oder einzelne Theile von ihm sich um einige Zolle verlängern, auch mittelst Nägeln oder Schraubenbolzen den Schuh sicher an

die Säule befestigen. Ein solcher Schuh darf aber nicht seitwärts vor die Wendesäule vortreten, sein Rand muss vielmehr sorgfältig in die Säule eingelassen sein, so dass er sich der cylindrischen Fläche derselben genau anschliesst.

Bei dieser Construction ist es gleichgültig, ob der Schuh mit der Pfanne, oder mit dem Zapfen verbunden ist. Eine Verbindung mit dem Zapfen zeigt Fig. 316 auf Taf. XLV, wie solche bei Niederländischen Schleusen üblich ist. Der Zapfen hat mit der Säule und dem Schuh gleichen Durchmesser, besteht eben so wie die Pfanne aus Glockenmetall, ist abgedreht und im Innern mit drei Rippen versehen, die in sorgfältig ausgearbeitete Rinnen im Fusse der Wendesäule eingeschoben werden. Er erhält keine weitere Befestigung. In Fig. 316 *a* sieht man auch die Pfanne, die im Innern ausgedreht und dem Zapfen so angepasst ist, dass sie keinen Spielraum zur Seite hat. Im Aeussern ist sie sechseckig geformt (Fig. 316 *c*). Sie muss sehr sorgfältig versetzt werden, damit sie sich nicht dreht. Diese Gefahr ist immer um so grösser, je mehr Seiten das Polygon hat, welches sie im Grundrisse bildet. Es darf aber nicht übersehn werden, dass ein starkes Klemmen des Zapfens gegen die Pfanne vorzugsweise zu besorgen ist, wenn Letzterer tief in die Erstere eindringt. Bei der Schleuse in Cherbourg dringt der Zapfen etwa auf zwei Drittheile seines Durchmessers in die Pfanne ein, wodurch die erwähnte Gefahr viel grösser wird, man hat daher den lichten Durchmesser der Pfanne ungefähr 1 Linie grösser, als den des Zapfens gemacht.

Fig. 317 zeigt einen Schuh, der mit der Pfanne verbunden ist. Derselbe besteht aus Gusseisen und stimmt mit den in manchen Französischen Häfen üblichen überein. Er umfasst nicht nur den cylindrischen, sondern auch den rechtwinkligen Theil der Wendesäule. Ueber der Pfanne, die nach einer Halbkugel ausgedreht ist, befindet sich eine Verstärkung der Bodenplatte, die sich als niedriger Cylinder in das Innere des Schuhes fortsetzt. Für letztern muss gleichfalls die entsprechende Oeffnung genau schliessend im Fuss der Wendesäule ausgearbeitet sein, damit der Druck auf alle Theile möglichst gleichmässig vertheilt wird. An zwei gegenüberstehenden Stellen tritt der den Schuh umgebende Rand höher herauf und ist daselbst mit Löchern versehen, durch welche Schraubenbolzen gezogen werden, die den Schuh mit der Säule verbinden.

(Fig. 317. *b*). An derjenigen Seite, welche sich an die Schlagschwelle lehnt, muß dieser Bolzen mit versenktem Kopfe versehn sein. Der Zapfen ist an die Bodenplatte angegossen und gleichfalls kugelförmig, jedoch nach einem etwas kleinern Krümmungs-Halbmesser abgedreht, wodurch einiger Spielraum entsteht.

Bei den großen Englischen Schleusen für Seeschiffe findet ungefähr dieselbe Anordnung statt, doch greift der gusseiserne Schuh bei hölzernen Thoren zuweilen nicht nur unter die Wendesäule, sondern auch unter den untern Rahm, wie Fig. 309 *a* und *b* auf Taf. XLIV zeigt. Bei gusseisernen Thoren findet der Schuh eine sehr sichere Befestigung in der Höhlung der Wendesäule. Die von Telford am Caledonischen Canal gewählte Anordnung, die Fig. 308 *b* im Durchschnitt zeigt, ist auch in später ausgeführten Schleusenthoren beibehalten. Die Säule ergänzt sich nämlich unter dem untersten Riegel zum vollen Cylinder, und in diesen ist die Pfanne eingeschoben. Damit dieselbe aber nicht zu weit eindringe, setzt sich in der Höhe des Bodens, der die Hälfte der cylindrischen Oeffnung schließt, ein vortretender Rand im übrigen Theile der Höhlung fort, und gegen beide lehnt sich die Pfanne. Das Drehn der letztern ist dadurch vermieden, daß übereinstimmende Nuthen angebracht sind, in welche man Schluskeile treibt.

Die gusseisernen Zapfen an den Schleusen des Caledonischen Canals, etwa 8 Zoll stark und 10 Zoll hoch, sind an schwere Bodenplatten angegossen und cylindrisch abgedreht, ihre obern Theile bilden Halbkugeln. Die erwähnten Platten sind $4\frac{1}{2}$ Fuß lang, $1\frac{1}{2}$ Fuß breit und 3 Zoll stark. Sie sind mit vier Schraubenbolzen, die vorher in die Steine versetzt und mit Blei vergossen waren, befestigt. Bei der Schleuse zu Montrose, von der bereits oben die Rede war, greifen Zapfen von 10 Zoll Durchmesser in die gleichfalls in die Wendesäule eingeschobnen Pfannen. Auch diese Zapfen sind an Bodenplatten angegossen, die neben den Zapfen etwas verstärkt, sonst aber nur 2 Zoll dick sind. Ihre Länge mißt $4\frac{1}{2}$ und ihre Breite $1\frac{3}{4}$ Fuß. Nachdem die Lager für sie vorbereitet und die Schraubenbolzen in die Bodensteine befestigt waren, breitete man eine starke Filzdecke darüber, um ein ungleichmäßiges Aufliegen der Platte und sonach ein Brechen derselben zu verhindern. Die Platte wurde hierauf eingesetzt, und nachdem die Schraubenmuttern so weit angezogen waren, daß sie

eine starke Compression des Filzes bereits bewirkten, wurde die Platte, indem die Bolzenlöcher reichlichen Spielraum ließen, durch Keile genau eingerichtet. Dann erst wurden die Schrauben fest angezogen, und die Fuge rings um die Platte mit Blei vergossen.

Bei diesem Vergießen mit Blei sowol der Bodenplatte selbst, als auch der zu ihrer Befestigung dienenden Bolzen muß noch an eine Schwierigkeit erinnert werden, die oft sehr störend ist. Wenn nämlich die Steine naß sind, wie dieses gewöhnlich im Schleusenboden der Fall ist, so wird das geschmolzene Blei durch den Wasserdampf, der sich beim Eingießen desselben entwickelt, zum Theil herausgespritzt, und dadurch sowol die vollständige Anfüllung der Fuge verhindert, als auch der damit beschäftigte Arbeiter leicht beschädigt. Der Uebelstand läßt sich vermeiden, wenn man die Steine mit Oel befeuchtet, wodurch das plötzliche Verdampfen des Wassers verhindert wird.

In den kleinern Englischen Canalschleusen pflegt man nur gußeiserne Platten, in denen eine mässige Höhlung zur Aufnahme des Zapfens sich befindet, gegen die Wendesäule zu nageln, wie Figur 312 *a* angedeutet ist. Indem der Zapfen nur wenig eingreift, verschwindet auch jede Besorgniß, daß die Platte sich von der Wendesäule lösen möchte, auch genügt in diesem Fall das Annageln gegen das Hirnholz.

Die beiden in Fig. 316 und 317 dargestellten Formen der Zapfen unterscheiden sich noch darin von einander, daß die berührenden Kugelflächen im ersten Fall die convexen Seiten gegen einander kehren, im zweiten dagegen die convexe Seite der kleinern Kugel in der concaven der größern ruht, der Umstand, ob die Pfanne auf dem Zapfen liegt, oder umgekehrt, ist in dieser Beziehung gleichgültig. Die letzte Anordnung, wonach die Höhlung der Pfanne eine Kugelfläche bildet, und nicht mit cylindrischen Seitenwänden versehen ist, gewährt zwar den Vortheil, daß das Einsetzen des Thors wegen des Spielraums zur Seite erleichtert wird, aber man darf annehmen, daß das Thor sich nicht so scharf einstellt, wie bei einer cylindrischen Oeffnung, die den Zapfen genau umschließt. In Frankreich ändert man zuweilen, und zwar bei größern Schleusen, die in Fig. 316 dargestellte Form noch insofern ab, daß man die Seitenwände des Zapfens und die der Pfanne, schwach konisch abdreht. Dadurch wird allerdings das

Einsetzen erleichtert, aber man muß bei dieser Einrichtung so viel Spielraum zwischen der Pfanne und dem Zapfen lassen, daß die beiden kugelförmigen Endflächen sich früher als die der kegelförmigen Seitenflächen berühren, weil diese, wenn sie sich mit dem Druck des ganzen Thors scharf in einander schieben sollten, so stark gegen einander reiben würden, daß die Drehung sehr erschwert würde. Es muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß das Einsetzen eines cylindrischen Zapfens in eine genau schließende, gleichfalls cylindrisch ausgedrehte Pfanne nur möglich ist, wenn derselbe schon vorher in solche Richtung gebracht ist, daß die Achsen beider zusammenfallen.

Beim Ausheben und Einhängen der Schleusenthore kommt es wegen der geringen Tiefe der Pfanne auf eine ganz genaue Beachtung dieser Regel nicht an, aber ein starkes Ueberneigen des Thors muß dabei doch vermieden werden, und man muß daher, wenn der cylindrische Zapfen gewählt wird, die obere Befestigung des Thors so anordnen, daß dasselbe senkrecht gehoben werden kann. Wenn dieses geschieht, so dürfte die cylindrische Form für den Zapfen, und zwar mit genau schließender Pfanne, die zweckmässigste Wahl sein.

Dabei entsteht noch die Frage, ob die Berührung in Kugelflächen wirklich von Nutzen ist. Die Zapfen-Reibung ist allerdings, wie bekannt, in hohem Maasse von der Ausdehnung der Berührungsfläche abhängig, und man vermindert sie durch Verkleinerung der letztern. Man darf indessen nicht glauben, bei Benutzung der Kugelflächen die Berührung auf einen einzelnen Punkt beschränken, und dadurch die Reibung ganz aufheben zu können. Schon die Schärfe der Bearbeitung hat ihre Grenze, und macht es unmöglich, diese Absicht vollständig zu erreichen. Außerdem aber ist die Festigkeit gegen das Zerdrücken oder die rückwirkende Festigkeit bei keinem Körper unendlich groß. Ein mathematischer Punkt kann also als Scheitel der Kugelfläche nicht das Schleusenthor tragen. Die beiden Kugelflächen drücken sich demnach gegenseitig so weit ein, bis eine Berührungsfläche entsteht, die hinreichend groß ist, um dem Druck den nöthigen Widerstand zu leisten. Dasselbe wird auch erreicht, wenn man die Kugelfläche gleich bei der Bearbeitung durch eine Ebne, eine senkrecht gegen die Achse gerichtet ist, abschneidet. Man darf freilich nicht den Durch-

messer des ganzen Zapfens auf den der Berührungsfläche beschränken, weil derselbe in diesem Fall nicht die nöthige Steifigkeit behalten würde, aber eine flachkegelförmige Fläche, die leichter als eine Kugelfläche darzustellen ist, könnte ohne Nachtheil die horizontale Berührungsfläche mit der cylindrischen Seitenfläche des Zapfens verbinden.

In einzelnen Fällen hat man die Vorsicht zur Darstellung möglichst kleiner Berührungsflächen noch weiter getrieben. So hat man feine Stahldrähte in die ausgebohrten Achsen der Zapfen und Pfannen eingesetzt, welche das ganze Gewicht der Thore tragen sollten. Auch in einer grossen Dockschleuse in England hat man eine kleine Kugel, von etwa 3 Zoll Durchmesser in die Oberfläche des Zapfens zum Theil versenkt, damit die Pfanne in der Berührung derselben möglichst geringe Reibung erfährt. Es leidet wohl keinen Zweifel, daß durch dergleichen Künsteleien nur die Abnutzung der Pfannen und Zapfen befördert wird, sie also mehr schaden, als nützen.

Vor dem Einsetzen der Thore pflegt man die Pfannen mit Schmiere zu versehen, indem man sie mit Seife stark ausstreicht. Auffallend ist die von Minard angeführte Thatsache, daß diese Seife in gut schliessenden Pfannen sich sehr lange Zeit hindurch erhält, so daß man bei der Reparatur alter Thore, wenn dieselben ausgehoben werden, oft noch die beim Einsetzen eingestrichene Seife vorfindet. Ja, Minard erwähnt, daß in zwei Fällen, wo man die Pfannen recht reichlich mit Seife angefüllt hatte, die Thore wieder ausgehoben werden mußten, um die Pfannen zu leeren. Die Thore sanken nämlich nicht so tief herab, daß die Halsbänder daran befestigt werden konnten.

Was das Halsband oder die Befestigung des Thors am obern Theil der Wendesäule betrifft, so muß dasselbe so angebracht werden, daß es die Drehung des Thors von der Thornische bis an die Schlagschwelle gestattet. Demnächst muß es auch hinreichend stark und zugleich fest genug verankert sein, um den horizontalen Pressungen und Stößen Widerstand leisten zu können. Wenn der Schwerpunkt des Thors entweder durch eine Rolle oder ein Gegengewicht am Drehbaum, oder auf andre Art vollständig unterstützt wäre, so würde das Halsband wenig in Anspruch genommen, und würde vorzugsweise nur bei der Drehung des Thors als Stütze

dienen. Es erleidet jedoch gemeinhin von dem Thor, sobald der Stau vor demselben aufhört, einen starken Seitendruck, und zwar eben sowohl wenn das Thor in der Nähe der Schlagschwelle, als wenn es in der Thornische steht. Es genügt also nicht, das Halsband nur in einer Richtung zu verankern, vielmehr muß die Verankerung so angebracht sein, daß sie bei jeder Stellung des Thors wirksam ist.

Der horizontale Druck, den das Thor gegen das Halsband ausübt, ist in jedem speciellen Fall leicht zu berechnen, indem man das ganze Thor als einen Hebel betrachtet, dessen Drehungs-Achse in der Pfanne liegt, worin der untere Zapfen eingreift. Bei großen und schweren Thoren ist dieser Druck sehr bedeutend. Ein eben so großer horizontaler Druck trifft auch die Pfanne und den untern Zapfen in entgegengesetzter Richtung. Hier läßt sich aber die nöthige Befestigung sehr leicht in dem Schleusenboden darstellen, woher die Schwierigkeit verschwindet, die bei dem obern Halsbande zuweilen sehr bedeutend wird, und eine sorgfältige Ueberlegung in der Anordnung der Anker erfordert.

Auf welche Weise indessen das Halsband auch angebracht und verankert sein mag, so ist ein geringes Verziehn desselben nie ganz zu vermeiden. Schon die Splinte und Anker geben, sobald der starke horizontale Druck eintritt, etwas nach, während die Elasticität des Halsbandes eine geringe Formveränderung und ein Ausdehnen des Eisens gestattet. Wenn aber vollends der Zapfen in dem Halsbande sich ausschleift, was doch nicht zu vermeiden ist, so wird das Thor noch mehr überweichen. Hiernach ist es sehr wünschenswerth, das Halsband so einzurichten, daß es nach Bedürfnis später schärfer angezogen werden kann. Man hat in der That diesen Zweck durch verschiedene Anordnungen zu erreichen gesucht.

Es ist bereits § 66 ausführlich nachgewiesen, daß der aus dem Druck des Oberwassers entspringende Druck in der Längenrichtung des Thors nicht auf den obern Zapfen übertragen werden darf, derselbe vielmehr dadurch aufgehoben werden muß, daß die ganze Wendesäule, oder wenigstens die Riegel bei geschlossenem Thor sich fest gegen die Wendenische lehnen. Wenn dieses geschieht, so bedarf es keiner weitem Unterstützung des obern Zapfens gegen diesen Druck.

Das Halsband muss ferner so eingerichtet sein, dass es bei vorkommenden Reparaturen das Ausheben des Thors gestattet, ohne deshalb jedesmal die in der Mauer oder den Holzwänden befestigte Verankerung lösen zu dürfen. Dabei gereicht es aber noch zu grosser Bequemlichkeit und Schonung der Zapfen und Pfannen, so wie auch der Wendenischen, wenn die Thore senkrecht aus den Pfannen gehoben und eben so in dieselben wieder eingestellt werden können. In England und in den Niederlanden wird diese Bedingung als massgebend betrachtet, während man bei uns fast jedesmal davon absieht, und dadurch gezwungen wird, das Thor beim Ein- und Aushängen stark überzuneigen, bevor es in die Pfanne eingestellt, oder daraus gehoben werden kann. Wenn dagegen das Halsband so weit ist, wie der Cylinder, welcher der Krümmung der ganzen Wendesäule entspricht, wird das Thor, während es noch vollständig in der Schleuse befestigt ist, an die Winden gehängt, und nachdem letztere angezogen sind, so dass sie das Thor tragen, löst man das Halsband, und hebt darauf das Thor aus.

Der Grund, weshalb man so häufig eiserne Zapfen von mässiger Stärke anwendet, beruht in der Absicht, die Reibung möglichst zu vermindern. Diese Reibung ist aber auch bei den stärkern Achsen, wenn das Halsband gut schliessend angelegt und gehörig geschmiert wird, keineswegs erheblich. Die Umstände, welche vorzugsweise die Bewegung des Thors erschweren, sind, abgesehen von dem Druck und dem Widerstande, den das Wasser ausübt, in einer ungenauen Aufstellung der Thore und oft in der Anhäufung des Schlammes in der Thorkammer zu suchen.

Bei uns ist es üblich, in die Köpfe der Wendesäulen Blattzapfen einzusetzen. Der vortretende cylindrische Theil ist etwa 6 Zoll lang und 2 Zoll stark, und das Blatt, welches die ganze Stärke der Wendesäule zur Breite hat, greift so tief herab, dass es sich bis unter den Bügel fortsetzt, der die Wendesäule mit dem obern Rahm verbindet. Das Blatt bildet nach jeder Seite einen Keil, der in der Mitte, wenigstens oben, so stark wie der Zapfen, an den Seiten dagegen nur etwa einen halben Zoll dick ist. Auch den mittlern Theil pflegt man nach unten etwas schwächer werden zu lassen. Um den Blattzapfen einsetzen zu können, versieht man den Kopf der Wendesäule mit einem Einschnitt, der in den Figuren 302 *a* und *b* auf Taf. XLII bemerklich ist, und der so genau, wie

dieses geschehn kann, nach der Form des Blattes ausgearbeitet wird. Durch eingetriebene sehr dünne Keile bemüht man sich gemeinhin einen scharfen und vollständigen Schluß darzustellen. Die am obern Ende der Wendesäule eingeschnittene Nuthe, worin der Bügel liegt, der die Verbindung mit dem obern Rahm darstellt, wird auch in das Blatt des eisernen Zapfens eingefeilt, und dieses tritt auf jeder Seite des Bügels bis zur Oberfläche der Wendesäule vor. Der Bügel verhindert also ein Ausheben des Blattes. Da er selbst aber nicht scharf angezogen wird, so kann er auch geringe Bewegungen von diesem nicht hindern. Die größte Sicherheit in der Befestigung gewährt der von oben auf den Kopf der Wendesäule scharf aufgetriebene Ring. Das Blatt ist zur Aufnahme desselben an den Seiten wieder eingefeilt, so daß es sich auch hier der Form des Holzes genau anschließt. Auf dem Zapfen pflegt man noch einen Ansatz mit einem Schraubengewinde anzubringen, worauf ein Schirm aus Blech befestigt wird, derselbe bildet ein Dach über der Wendesäule und schützt das Hirnholz gegen den Regen.

In manchen Fällen, wie z. B. in der Schleuse bei Neufähr an der Mündung des nach Danzig führenden alten Weichselarmes, hat man den eisernen Zapfen nicht allein durch das Blatt, womit er in die Wendesäule greift, sondern ausserdem noch durch eine starke eiserne Schiene, die ihn über dem Halsbande mit einem scharf schließenden Auge umfaßt, mit dem Schleusenthor verbunden. Diese Schiene liegt auf dem obern Rahm des Thors, und ist mittelst zweier Schraubenbolzen daran befestigt.

Das Halsband ist gemeinhin unmittelbar mit den Ankern verbunden, wie Fig. 318a auf Taf. XLV zeigt. Das Ausschmieden eines so großen Stücks namentlich in dieser zusammengesetzten Form erfordert, wenn es keine schwache Stellen enthalten soll, geübte Arbeiter, auch müssen die Schraubenbolzen, welche zur Befestigung des Deckels dienen, sicher eingesetzt sein. Fig. 318b zeigt den durch Schrauben befestigten Deckel des Halsbandes von der innern Seite. Das Halsband selbst ist 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch. Die Anker haben Querschnitte von 2 bis 3 Quadratzoll. Jedes derselben wird durch zwei senkrechte Splinte gehalten, und wo dieselben eingesetzt sind, ist der Anker in angemessener Weise verstärkt. Die Länge der Anker beträgt gemeinhin gegen 10 Fufs, und sie sind

in solcher Richtung angebracht, daß sie möglichst das Thor in seinen verschiedenen Stellungen unterstützen, ohne sich jedoch zu sehr der äußern Seitenfläche der Mauer zu nähern. Um die Splinte möglichst zu befestigen, pflegt man dieselben nicht nur abwärts zu führen, sondern sie auch aufwärts vortreten zu lassen, und sie hier zu übermauern. Indem aber bei dieser Anordnung der Halsbänder die Anker schon höher als die Thore liegen, so tritt die Uebermauerung derselben bedeutend über diejenige Höhe hinaus, welche die Mauern der Häupter in sonstiger Beziehung haben müssen. Um daher die Mauermasse nicht zu sehr zu vergrößern, beschränkt man die Ueberhöhung derselben auf diejenigen Stellen, wo die Splinte liegen. Es bilden sich daher hier etwa 2 Fufs hohe massive Aufsätze, die man, um die Passage nicht zu unterbrechen, mit Stufen versieht. Man nennt sie Postamente.

In einzelnen Fällen hat man, während der Zapfen in der eben beschriebenen Weise ausgeführt war, das Halsband, welches denselben vollständig umschliesst, so angeordnet, dass es mit Schrauben schärfer angezogen werden kann. Es genügt hierüber im Allgemeinen zu erwähnen, daß entweder die Anker in Schraubenspindeln auslaufen, welche zur Seite durch das in einer ausgebohrten Scheibe bestehende Halsband hindurchgreifen, oder dass die Anker mit einer ähnlichen Scheibe fest verbunden sind, auf der letztern aber eine zweite Scheibe liegt, welche das eigentliche Halsband bildet, und durch verschiedene, gewöhnlich durch drei Schrauben etwas verstellt werden kann.

Wenn das Thor mit einem Drehbaum versehen ist, so kann man den Zapfen nicht am Kopf der Wendesäule anbringen, auch in andern Fällen mag man gern die Anker unter die Oberfläche der Mauer legen, um eine grössere Sicherheit in der Befestigung des Halsbandes zu erreichen. Alsdann stellt man den metallnen Zapfen in gleiche Höhe mit dem obern Rahm, oder auch wohl noch tiefer. Dieses war bei den ältern Schleusen an der Ruhr vielfach geschehn, und dieselbe Einrichtung findet sich auch bei manchen französischen Schleusen vor.

Fig. 319 *a* und *b* zeigt diese Einrichtung. In der Höhe der Mittellinie des obern Rahms ist ein horizontaler Einschnitt von der Stärke des Halsbandes in die Wendesäule gemacht, der sich noch einige Zolle über die Achse fortsetzt. Der Zapfen, etwa 9 Zoll

lang, ist in zwei Einschnitte vom Rücken der Wendesäule aus in dieselbe hineingeschoben. Um ihn zu halten, sind jene Einschnitte durch passend bearbeitete Holzstücke ausgefüllt, und damit das obere derselben nicht etwa herabsinkt und alsdann gegen die Arme des Halsbandes stößt, oder das untere sich zufällig hebt, sind beide seitwärts mit Backen versehen, die in entsprechende Nuthen in die Wendesäule eingreifen. Zur Befestigung dieser Holzstücke dienen zwei Bügel, die in gewöhnlicher Weise um die Wendesäule greifen, und mittelst Schraubenbolzen an dem obern Rahm befestigt sind. Die punktirten Linien in Fig. *a* deuten den Zapfen und die beiden erwähnten Holzstücke an, die Querschnitte der letztern mit den Backen sind in *b* durch die punktirten Linien bezeichnet. Das Halsband besteht in diesem Fall nur in einem starken eisernen Ringe, der mit zwei Ankern verbunden ist. Will man das Thor ausheben, so löst man die Bolzen, welche die Bügel halten, und wenn man das Thor alsdann auf die Schlagsäule überkanten lässt, so zieht das Halsband die Achse, die beiden Klötze und die beiden Bügel heraus.

Dass der Zapfen bei dieser Einrichtung nicht besonders fest und genau eingesetzt werden kann, bedarf kaum der Erwähnung, und dazu kommt noch, dass die Wendesäule an dieser Stelle tief eingeschnitten, also sehr geschwächt wird.

Endlich mag noch eine andre eigenthümliche Stellung der eisernen Zapfen erwähnt werden, die bei der Schleuse im Canal St. Maur in der Nähe von Paris gewählt ist. Die Wendesäulen haben daselbst ähnliche horizontale Einschnitte bis über die Achse hinaus, doch sind sie bedeutend breiter, als eben angegeben ist. In diese Einschnitte greifen abwärts gekehrte Zapfen von oben ein, berühren jedoch nicht die untern Flächen der Einschnitte. Diese Zapfen bestehn aus Gufseisen und sind an Schuhe angegossen, welche die Köpfe der Wendesäulen umfassen, und sowohl an diese, wie an den obern Rahm befestigt sind. Um die Thore auszuheben, darf man kein Halsband öffnen, noch sonst irgend eine Verbindung lösen. Es genügt dazu, das Thor senkrecht aufzuwinden, wodurch gleichzeitig der untere Zapfen aus der Pfanne gehoben, und der obere vom Halsbande frei wird. Alsdann muss aber noch eine geringe horizontale Bewegung des Thors erfolgen, damit das Halsband aus dem Einschnitt der Wendesäule tritt. Die Schwächung der letztern ist auch hierbei sehr bedenklich.

Die andre Methode, wonach man am obern Theil des Thors keinen Zapfen einsetzt, vielmehr die Wendesäule selbst entweder am Kopf, oder in der Nähe desselben in ihrer vollen Breite cylindrisch bearbeitet und sie unmittelbar mit dem Halsbände umfaßt, gewährt den Vortheil der möglichsten Festigkeit und sonach auch der dauernden genauen Stellung der Drehungsachse. Man hat daher in England und in den Niederlanden sowohl die grössern, als die kleinern Schleusenthore gewöhnlich in dieser Weise behandelt. Ein Versetzen der Drehungsachse gegen die Achse der Krümmung der Wendesäule dürfte auch hierbei keineswegs unthunlich sein, da der Abstand beider sehr geringe ist, doch kommt dieses bei Englischen Schleusen nicht vor, weil der dadurch erreichte Vortheil für zu geringe erachtet wird.

Bei eisernen Schleusenthoren wird die Drehungsachse jedesmal unmittelbar durch den Kopf der Wendesäule gebildet, bei hölzernen muß dagegen, um einer schnellen Abnutzung vorzubeugen, der Hals überdeckt oder bekleidet werden. In den Niederlanden geschieht dieses, namentlich bei großen Thoren in der Art, daß man einen cylindrisch abgedrehten Ring über den Kopf der Wendesäule zieht und denselben durch eingetriebene Keile befestigt. Der Ring hat, um sein Drehn zu verhindern, an der innern Seite drei Rippen, wie der untere Zapfen, der Fig. 316 *b* dargestellt ist. Der Ring schließt sich übrigens an die Krümmung der Wendesäule an, und beide haben gleichen Durchmesser. Der Kopf der Wendesäule wird demnach um die Dicke des Ringes im ganzen Umfange geschwächt, auch die Rinnen zur Aufnahme der Rippen werden sorgfältig eingeschnitten.

Indem der Druck des Thors, so lange dasselbe im Halsbände hängt, stets nach der Schlagsäule gekehrt ist, so wird der Hals der Wendesäule an dieser Seite besonders leiden, und es genügt sogar, ihn hier zu schützen. Dieses geschieht, indem man entweder einen halben Ring anbringt, wie Fig. 323 in der stark ausgezogenen Linie zeigt, oder einige eiserne Schienen lothrecht an dieser Seite in den Hals einlässt und daran befestigt. Eine sorgfältige Bearbeitung dieser Schienen, und zwar nach deren Befestigung, ist aber nothwendig, damit ihre äußern Flächen genau mit der cylindrischen Oberfläche der Säule zusammenfallen, und sich weder im Halsbände klemmen, noch auch in Folge der Unebenheit und Rauhigkeit ihrer

Oberfläche letzteres angreifen. Beim Oeffnen und Schliessen des Thors werden indessen auch andre Theile des Halses mit dem Halsbande in Berührung gebracht und oft einem starken Druck ausgesetzt. Daher begnügt man sich gemeinhin nicht, diese Schienen an der der Schlagsäule zugekehrten Seite anzubringen, befestigt solche vielmehr wenigstens im halben Umfange des Halses, oft auch rings um denselben.

Das um die Wendesäule greifende Halsband besteht bei den Niederländischen und eben so auch bei den grössern Französischen Schleusen gemeinhin aus einem vollen Ringe, der aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. Zur Verbindung der letztern dienen zwei diametral einander gegenüberstehende Charniere, von denen das eine durch einen losen Bolzen geschlossen wird. Sobald man diesen herauszieht, läßt sich die vordere Hälfte des Halsbandes um das andre Charnier zurückschlagen, und die Wendesäule wird frei. Zuweilen fehlt der hintere Theil des Halsbandes ganz, indem die vordere Hälfte desselben unmittelbar mit den Ankern verbunden ist. Bei den Niederländischen Schleusen sind die Anker zuweilen auch so gekrümmt, daß sie selbst die hintere Hälfte des Halsbandes bilden. Die Verschiedenartigkeit dieser Anordnungen wird um so grösser, als auch die Anker in mehrfacher Weise mit den Halsbändern selbst, oder mit den daran befindlichen Ansätzen verbunden werden. Im Folgenden sollen die wichtigsten dieser Verbindungen an einzelnen Beispielen gezeigt werden, doch sind einige allgemeine Bemerkungen über diese Halsbänder und Anker voranzuschicken.

Die Halsbänder dieser Art sind bei kleineren Canalschleusen $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll stark und 3 bis 4 Zoll hoch, bei grossen Schleusen dagegen messen sie in der Dicke bis 3 Zoll und in der Höhe bis 10 Zoll. Die Charniere werden dadurch gebildet, daß cylindrische Verbreitungen an den Enden angebracht und zur Aufnahme der Verbindungsbolzen durchbohrt sind. Wie bei andern Charnieren sind auch hier abwechselnd Einschnitte eingefeilt, so daß beide Theile in einander greifen. Bei kleineren Schleusen wird gewöhnlich ein Lappen der einen Hälfte von zwei Lappen der andern umfaßt und durch den Bolzen verbunden. Bei höheren Halsbändern greifen dagegen zwei Lappen des einen Theils in drei des andern, oder die Anzahl derselben ist auch noch grösser. Das Fehlen der

hintern Hälfte des Halsbandes ist übrigens ohne Nachtheil, weil das Thor sich doch nicht dagegen lehnt, und wenn es zufälliger Weise zurückgestossen werden sollte, so würde es an der Wendische schon eine sichere Unterstützung finden.

Die Anker, welche gewöhnlich aus Schmiedeeisen bestehn, sind bei kleinern Thoren $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch und breit, bei größern dagegen bis 4 Zoll. Ihre Länge beträgt im ersten Falle 4 bis 6 Fufs, im letzten dagegen bis 20 Fufs. Dafs mehr als ein Anker erforderlich ist, um ein Thor in seinen verschiedenen Stellungen sicher zu unterstützen, ist bereits erwähnt worden. Gemeinhin werden zwei zur Befestigung eines Halsbandes angebracht, in grossen Schleusen wird zuweilen auch noch ein drittes hinzugefügt.

Zur Befestigung der Anker in der Mauer dienen senkrechte Splinte, die man in grossen Schleusen hinter recht feste und schwere Steine stellt, um sie möglichst sicher zu unterstützen. Die Uebermauerung der Anker, wie in den Preussischen Schleusen, kommt bei Holländischen und Französischen nie vor. Gewöhnlich sind die Anker gar nicht, oder doch nur mit einzelnen dünnen Steinplatten überdeckt. Die Splinte reichen daher meist nur abwärts in die Mauer und treten über die Anker wenig oder gar nicht vor. Die Anzahl der Splinte in jedem Anker beschränkt sich gemeinhin auf zwei, doch kommen bei grossen Längen auch drei Splinte vor, und kurze Anker werden oft nur durch einen gehalten. An den Stellen, wo die Augen für die Splinte angebracht sind, muß der Anker jedesmal so verbreitet oder verstärkt sein, dafs er mindestens denselben Querschnitt, wie an den andern Stellen, behält.

Zuweilen, und namentlich bei kleinen Schleusenthoren, werden beide Anker nebst dem hintern Theile des Halsbandes aus einem Stücke geschmiedet. Indem dieses aber nicht leicht auszuführen ist, dabei auch vielfach die Gefahr eintritt, dafs entweder die Schweifsstellen, oder diejenigen, welche stark gekröpft sind, nicht die volle Festigkeit des gesunden Eisens behalten, so pflegt diese Verbindung nur ausnahmsweise vorzukommen, und bei grossen und schweren Ankern verbietet sie sich von selbst. Gewöhnlich versieht man das Halsband mit kürzeren Armen von 2 bis 3 Fufs Länge, welche in den Richtungen der Anker sich fortsetzen, auch der Zahl nach mit diesen übereinstimmen. Die Anker sind an den Enden, wo sie mit diesen Armen verbunden werden sollen, gespalten, und eben so

wie letztere mit passenden Zahnschnitten versehn. Das Halsband wird bei dieser Einrichtung nicht nur sicher gehalten, sondern man hat dabei auch noch den Vorthail, daß, nachdem die Anker bereits vollständig befestigt sind, man das Halsband mit seinen Armen noch passend einstellen kann, indem die Zahnschnitte unter sich einigen Spielraum lassen. Wenn das Halsband an der gehörigen Stelle liegt, werden die Arme mit eisernen Keilen gegen die Anker befestigt, und die Fugen zwischen beiden vollends mit Blei ausgegossen. In einzelnen Fällen sichert man die Verbindung auch dadurch, daß man eiserne Schraubenbolzen hindurchzieht. Zuweilen unterläßt man dagegen das Vergießen mit Blei, um das Halsband später noch schärfer anziehen zu können.

Fig. 320 zeigt ein Halsband nebst zugehöriger Verankerung an einer Hafenschleuse im Håvre. Ersteres ist mit drei Armen verbunden, welche von eben soviel Ankern umfaßt werden. Die Verbindung ist mittelst Zahnschnitten dargestellt. Das Charnier besteht jedesmal aus fünf Lappen, die in einander greifen und durch einen Bolzen zusammengehalten werden.

In Fig. 321 ist die Verbindung eines Ankers mit einem Arme des Halsbandes der Schleuse im Canal St. Maur angedeutet. Die Zahnschnitte sind hier in rechtwinklige Ansätze verwandelt, und die entsprechenden Einschnitte in den Ansätzen der Anker sind so verlängert, daß hinreichender Spielraum zum Nachtreiben der Keile bleibt. Diese Keile sind in der Figur dunkler gehalten.

Bei kleineren Schleusen giebt man jedem Halsbande zuweilen nur einen, jedoch recht starken Arm, und an diesen sind die nach beiden Seiten auslaufenden Anker mit Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 322 zeigt. Die oben erwähnte Anordnung, daß der hintere Theil des Halsbandes ganz fehlt, und die vordere Hälfte desselben unmittelbar an den Ankern befestigt wird, stellt Fig. 323 dar. Die Befestigung ist dieselbe, als wenn das Halsband vollständig wäre, sie ist nämlich wieder durch Charniere dargestellt. In dieser Figur bemerkt man auch einen in den Hals der Wendesäule eingelassenen halben Ring, der das Holz gegen Beschädigungen durch das Halsband schützt.

Fig. 324 zeigt endlich eine Verbindung, die in den Niederlanden nicht selten ist und bei den sogenannten Fächer-Thoren gewöhnlich vorkommt. Der hintere Theil des Ringes ist nämlich aus zwei von

einander getrennten Quadranten zusammengesetzt, deren jeder durch die Verlängerung eines Ankers gebildet ist. Hierbei kommen freilich starke Kröpfungen im Eisen vor, dagegen ist das Schweißen ganz vermieden. Beide Anker sind in der Nähe des Halsbandes, wo sie zusammentreten, durch eine aufgesetzte, und in den Stein vergossne starke Klammer mit einander verbunden, und um sie recht fest zusammenzutreiben, sind noch zu beiden Seiten in die Klammer eiserne Keile eingesetzt. Die vordere Hälfte des Halsbandes ist in gewöhnlicher Art mittelst Charnieren befestigt.

Bei der Schleuse Wilhem III. im Nordholländischen Canal (Fig. 252 auf Taf. XXXII) ist in das Halsband noch eine Bronze-Scheibe eingesetzt und durch schwach vortretende Rippen darin befestigt. In derselben befindet sich die Achse, deren bereits bei Beschreibung dieser Thore Erwähnung geschah (§ 68).

In England sind die Halsbänder der Thore und ebenso auch die Anker bei größern und bei kleinern Schleusen sehr übereinstimmend unter sich, und von den bisher beschriebenen wesentlich abweichend eingerichtet. Das Halsband besteht jedesmal nur aus einem einfachen Bügel, der den Hals der Wendesäule umfaßt. Seine Arme verlängern sich rückwärts, greifen durch den vorstehenden Rand des Ankers hindurch und sind hinter demselben festgekeilt. Der Anker besteht aber aus Gufseisen, und bildet bald eine einfache Platte, bald zwei, auch wohl drei Arme, die dann aber gemeinhin mehrfach unter sich verbunden sind, so daß man den Anker auch in diesem Fall als eine Platte, die jedoch vielfache Oeffnungen hat, ansehen kann. In andern Fällen sind die Arme des Ankers aber auch nicht unter einander verbunden. Jedenfalls hat der Anker in der Nähe der Thornische einen aufwärts gerichteten Rand, und wie die Form der Verbindung auch sein mag, so sind die hintern Enden der Arme fast immer abwärts gekehrt, so daß sie in die Steine eingreifen und darin vergossen werden. In seltenen Fällen, und namentlich nur bei großen Schleusen, sind besondere Bolzen in die Steine eingesetzt und darin vergossen, über welche die Anker mittelst Augen greifen, auch wohl daran festgeschroben sind.

Die Stärke dieser Halsbänder stimmt mit den obigen Angaben ziemlich überein, die Anker werden dagegen, insofern sie aus Gufseisen bestehn, viel schwerer gehalten. Bei großen Seeschleusen

sieht man oft Ankerarme, die 3 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll breit und hoch, und dabei bis 10 Fufs lang sind. Bei kleineren Canalschleusen haben die Arme auch mindestens einen Querschnitt von 4 Quadratzoll, und wenn statt zweier Arme eine volle Platte gewählt ist, so beträgt die Dicke derselben nie unter 2 Zoll. Die Länge der Anker bei kleinen Schleusen beschränkt sich zuweilen auf 2 Fufs, doch ist sie gemeinhin etwas gröfser. Der vortretende Rand, durch welchen die Enden des Bügels gezogen sind, ist gewöhnlich bedeutend stärker, als die Arme des Ankers, oder die Platte. In vielen Fällen bemerkte ich, dafs er eben so breit als hoch war. Selbst bei grofsen Schleusen wird dieses Verhältnifs gewöhnlich beobachtet.

Im Allgemeinen greifen diese Anker nicht so weit in das Mauerwerk ein, wie sonst üblich ist, doch fassen sie selbst bei kleineren Schleusen die zweite Steinreihe, und man wendet viele Vorsicht an, sie mit recht grofsen Steinen zu verbinden. Fast jedesmal sind diese Steine aber wieder mit den nächsten durch eingesetzte Dübel oder eiserne Klammern verbunden, und hierdurch wird bei den festen Steinen und dem guten Mörtel eine genügende Sicherheit erreicht. Die Anker sind aber nicht nur durch die an den Enden der Arme befindlichen, abwärts gekehrten Zapfen, die häufig schwalbenschwanzförmig geformt sind, mit den Steinen verbunden, vielmehr sind sie in ihrer ganzen Ausdehnung in sorgfältig ausgearbeitete Vertiefungen versenkt, und die Fugen umher sind jedesmal mit Blei vergossen. Nur der vordere aufwärts gekehrte Rand ragt über die Oberfläche der Mauer heraus, so dafs das Halsband mit den Keilen frei ist, und letztere nach Bedürfnifs angetrieben oder nachgelassen werden können.

Fig. 325 zeigt das Halsband nebst Anker einer kleineren Englischen Canalschleuse, wie solches häufig vorkommt. Die beiden Arme des Bügels oder Halsbandes werden gemeinschaftlich durch zwei Schlufskeile, die gegeneinander getrieben sind, gehalten. In Fig. 326 sind die Anker in den Schleusen des Bolton-Canals dargestellt, deren lichte Weite 15 Fufs misst. Die Länge des Ankers beträgt 4 Fufs, und dasselbe besteht aus drei mit einander verbundenen Armen. Letztere sind an den Enden mit kurzen Querarmen versehen, die einige Zoll tiefer in die Steine greifen. Die Arme des Halsbandes treten durch den vortretenden Rand des Ankers, und jeder wird einzeln durch zwei gegeneinander getriebene

Keile gehalten. Hiervon abweichend ist die Verankerung in den Schleusen des Rochdale-Canals. Die volle Ankerplatte lehnt sich nämlich gegen zwei in die Steine versetzte Bolzen und wird überdies durch Schraubenmuttern gehalten. In ähnlicher Weise sind bei dieser Schleuse auch die Arme des Halsbandes an den hintern Enden cylindrisch bearbeitet und mit Schraubengewinden versehen, so daß sie durch aufgesetzte Muttern gespannt werden können.

Die Verankerung der Verbindungsschleuse in Hull ergiebt sich aus Fig. 309 c. Sie ist von der bei Canalschleusen üblichen nicht wesentlich verschieden, nur wird jeder Arm von einem tief in die Mauer eingreifenden Bolzen oder Splint gehalten. Außerdem ist hierbei noch eine andre Art der Verankerung in Anwendung gebracht, die, wie es scheint, dieser Schleuse eigenthümlich ist. Um nämlich die Thore, besonders wenn sie auf Rollen laufen, immer leicht beweglich zu erhalten, kommt es darauf an, daß die Seitenmauern selbst unverändert ihre Stellung behalten, und nicht etwa überweichen. Um dieses mit voller Sicherheit zu erreichen, hielt Walker es für nöthig, diese Theile noch zu verankern. Er stellte daher eine 6zöllige Platte, die 12 Fuß lang und 9 Fuß hoch ist, der Wendenische gegenüber hinter der Mauer auf. Dieselbe wurde mittelst drei 2zölligen Zugstangen, deren Enden durch Schraubenmuttern an sie befestigt waren, mit den Ankern des Halsbandes und mit einzelnen Steinen der Wendenische verbunden. Drei andre eben so starke Zugstangen, die in gleicher Weise die Platte faßten, ziehn sich rückwärts etwa 50 Fuß weit nach einer Pfahlreihe hin, die auf diese Art der Platte, so wie der ganzen Mauer zur festen Stütze dient*).

Zur Befestigung der Thore des Docks zu Montrose dienen gusseiserne Anker, $3\frac{1}{2}$ Zoll hoch und breit. Sie sind an den Enden mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen versehen, die in die Steine greifen. Die Halsbänder dieser Thore sind 2 Zoll stark und 4 Zoll hoch. Fig. 327 zeigt endlich das Halsband eines Thors am St. Katharine's Dock. Dasselbe ist insofern eigenthümlich, als jeder Arm aus zwei besondern Theilen besteht, die durch je einen in der Mauer vergoßnen Bolzen mit einander verbunden sind.

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers.* London 1836. Vol. I. p. 38.

Nahe übereinstimmend mit dieser in England üblichen Verankerung ist diejenige, welche für die Schleusen des Ihle-Canals gewählt ist. Dieselbe ist auf Taf. XLVI dargestellt, und zwar in den Figuren *f* und *g*. Der Zapfen ist, wie bereits erwähnt, aus einem Stück mit der starken Platte geschmiedet, welche man mittelst Schrauben an den obern Rahm befestigt hat. Der Zapfen ist sorgfältig abgedreht und um ihn legt sich eine 1 Zoll starke und 3 Zoll hohe Schiene, die an beiden Enden mit Verstärkungen versehen ist, welche in Schlitz der beiden schmiedeeisernen Anker eingreifen und hier durch eiserne Keile befestigt sind, die, so oft es nöthig ist, schärfer angezogen werden können. Um zu verhindern, daß die Schlitz sich nicht zu weit öffnen, ist noch jedesmal ein Schraubenbolzen hindurchgezogen, der jedoch wegen der lang ausgezogenen Oeffnung in der Schiene das weitere Anziehen derselben nicht hindert. Jeder Anker wird durch ein aufrecht stehendes Splint gehalten, das sich an zwei Eisenstangen lehnt und diese übertragen den Druck auf das Ziegelmauerwerk. Die Mauern treten, wie Fig. *b* zeigt, noch 1 Fuß über die Anker, verdecken also vollständig die Splinte.

Schließlich dürften hier noch einige Bemerkungen über das Einhängen und Ausheben der Thore ihre Stelle finden. Bei Anwendung kräftiger Hebemaschinen auf hohen Rüstungen, die zugleich die erforderliche Seitenbewegung gestatten, kann man die Thore, nachdem sie neben der Schleuse vollständig zusammengesetzt sind, ohne Weiteres aufheben, herablassen und einhängen. Dieses Verfahren findet allerdings bei kleinern Thoren zuweilen Anwendung, es ist jedoch keineswegs das gewöhnliche, vielmehr pflegt man das Thor vor dem Aufstellen in die Thorkammer zu bringen. Letzteres geschieht entweder in der Art, daß das Thor erst am Boden der Thorkammer zusammengesetzt wird, oder man transportirt es im Ganzen, indem es auf Unterlagen über Rollen bewegt und mit Beihülfe von kräftigen Winden seine Bewegung unterstützt oder gemäfsigt wird. Man muß im letzten Fall aber dafür sorgen, daß die Bahn nicht zu stark geneigt ist. Man führt dieselbe daher gewöhnlich über die Canaldossirung.

Man giebt dem Thor auf dem Schleusenboden eine solche Lage, daß es nach dem Aufrichten in der Thornische steht, also nur wenig verstellt werden darf, um mit dem Zapfen der Wende-

säule in die Pfanne einzugreifen. Das Thor so zu legen, daß beim Richten desselben der Zapfen sogleich in die Pfanne tritt, verbietet sich theils wegen des Mangels an Raum, theils aber würde auch bei diesem Eingreifen, bevor die lothrechte Stellung eingenommen ist, ein starkes Klemmen erfolgen.

Das auf hölzerner Unterlage ruhende Thor kann man durch Schrauben, und dergleichen, die unter den obern Rahm greifen, leicht etwas anheben, zum vollständigen Richten muß es aber von oben mittelst Hebezeugen gefaßt werden. Zu diesem Zweck werden zur Seite der Schleuse wenigstens zwei, bei schweren Thoren auch wohl vier kräftige Erdwinden aufgestellt, welche die in die Flaschenzüge eingeschornen Taue anziehen. Die Anzahl der Flaschenzüge stimmt mit der der Erdwinden überein, und eben so viele Krahnbalken werden auch eingerichtet, die etwas über die Thor-kammermauer vortreten. Man muß letztere mehrere Fuß hoch über der Mauer anbringen, damit das Thor daran hängend in die Pfanne eingesetzt werden kann, und zwischen dem Thore und den Krahnbalken noch der nöthige Raum für die Flaschenzüge bleibt. Man stellt eine feste Rüstung auf die Mauer der Thornische, und legt starke Balken mit einem Ende darüber, während die andern Enden derselben gehörig beschwert, auch gegen Seitenbewegung gesichert sind. Die untern Blöcke der Flaschenzüge werden gegen den Oberrahm der Thore mittelst durchgezogener Taue, oder auf andre Weise sicher befestigt. Die Wahl der Befestigungspunkte, sowie auch die Stellung der Krahne ist aber von großer Wichtigkeit, damit das Thor, sobald es schwebt, seitwärts bewegt und lothrecht in die Pfanne herabgelassen werden kann.

Sobald man die Erdwinden in Thätigkeit setzt, richtet sich das Thor auf. Bei einer gewissen Neigung wird der Fuß desselben stark gegen die Mauer gedrängt. Man muß durch Anbringung von passenden Unterlagen dafür sorgen, daß das Thor nirgend unmittelbar die Mauer berührt, und besonders, daß nicht vielleicht ein plötzliches starkes Gleiten eintritt. Minard erwähnt, daß er beim Einhängen schwerer Thore hölzerne Drehungsachsen in Form von halben Cylindern benutzt habe, auf deren flacher Seite die untern Rahme ruhten, und die in hölzernen Mulden, wie in Pfannen sich drehten. Wenn letztere gegen die Mauer gehörig abgesteift waren, so wurde eine sehr sichere und regelmäßige Bewegung der Thore erreicht.

Die Erdwinden bleiben so lange in Bewegung, bis das Thor frei über dem Boden schwebt, und man muß die obern Blöcke der Flaschenzüge so befestigt haben, daß alsdann das Thor von selbst die erforderliche Seitenbewegung macht und an diejenige Stelle kommt, wo die Pfanne lothrecht über dem Zapfen sich befindet. Diese Seitenbewegung darf indessen nicht plötzlich eintreten, man faßt daher das Thor noch seitwärts mit einem Tau, und schlingt dieses einige Male um einen festen Pfahl. Durch leises Nachlassen dieses Taues wird das Thor in die gehörige Stellung gebracht, und wenn das Halsband der Form der Wendesäule entspricht, so braucht man nur die Erdwinden langsam zurückzudrehn, um den Zapfen in die Pfanne zu stellen, worauf auch das Halsband sogleich befestigt werden kann, während das Thor noch an den Flaschenzügen hängt.

Beim Ausheben des Thors ist das Verfahren dasselbe, es erfolgt jedoch in umgekehrter Ordnung. Die Flaschenzüge müssen dabei wieder so befestigt sein, daß das Thor nur mit Hülfe eines stark angespannten horizontalen Taues sich anfangs senkrecht hebt, beim Nachlassen des letztern aber von selbst so weit seitwärts rückt, daß der Fuß der Wendesäule beim spätern Senken nicht mehr die Pfanne oder den Zapfen trifft.

Beschwerlicher wird dagegen das Aus- und Einheben, wenn das Halsband nicht die volle Weite der Wendesäule hat, das Thor also nicht unmittelbar in die Pfanne eingestellt werden kann. Man pflegt alsdann das Thor, nachdem es gerichtet ist, in eine schräge Stellung zu bringen, so daß es auf dem Fuß der Schlagsäule ruht. In dieser Weise wird es mit Brechstangen seitwärts bewegt, bis man den Zapfen in die Pfanne hineinlassen kann. Alsdann erst giebt man ihm die lothrechte Stellung, und befestigt das Halsband.

Beim Bau der Dockschleuse zu St. Nazaire, die 80 Fuß weit ist, trat beim Einhängen der Thore noch eine andre Schwierigkeit ein. Jedes Thor ist $44\frac{1}{2}$ Fuß breit und 32 Fuß hoch. Um es gehörig zu verstärken, ist jeder Riegel, wie auch jeder Rahm aus einem graden Spannriegel und vier gekrümmten Balken zusammengesetzt, woher das Thor in der Mitte 5 Fuß stark ist, während es an der Schlag- und Wendesäule sich bis auf 2 Fuß zuspitzt. Von den 13 Riegeln, deren jeder 15 Zoll hoch ist, wurden die 11 untern unmittelbar auf einander und auf den untern Rahm gelegt. Sie

sollten durch eine Anzahl Bolzen mit einander verbunden werden, und diese ließen sich nur gut schließend einbringen, wenn das Thor in aufrechter Stellung zusammengesetzt wurde. Es kam also noch darauf an, die fertigen Thore umzulegen, damit sie schwimmend in die Thorkammern gebracht werden konnten.

Dieses Umlegen geschah sehr einfach, indem die Thore in einer rings mit Deichen umgebenen tiefen Baugrube erbaut waren. In derselben wurden daneben hölzerne Rüstungen errichtet, auf welche sie sich legen sollten. Man ließ alsdann das Hochwasser hinein, und da die Grube sich nicht hinreichend füllte, wurde noch Wasser hineingepumpt, so daß dieses 12 Fuß hoch über der erwähnten Rüstung stand. Durch Erdanschüttung hatte man dafür gesorgt, daß der untre Rahm beim Kanten nicht zurückweichen konnte, als man nun aber durch kräftige Erdwinden das Thor neigte, so daß es umfiel, so berührte es beim Herabstürzen nicht die Rüstung, wurde also auch nicht beschädigt. Jener hohe Wasserstand war nach verschiedenen Versuchen mit einem Modell ermittelt, man überzeugte sich aber, indem das Eintauchen des Thors beobachtet wurde, daß schon ein Wasserstand von 11 Fuß über der Rüstung genügt haben würde, um das Thor gegen ein nachtheiliges Aufstoßen zu sichern*).

§. 70.

Unterstützung der Thore.

Wenn ein Schleusenthor nur aus den Hauptverbandstücken, nämlich den beiden Säulen, den Rahmen und Riegeln zusammengesetzt ist, so ist die Form desselben keineswegs vollständig gesichert, und es kann leicht ein Verziehn der rechtwinkligen Verbindung eintreten. Eine geringe Aenderung in dieser Beziehung ist zwar ohne wesentlichen Nachtheil, da einerseits die Verminderung der Breite des Thors dabei nicht merklich ist, andererseits aber auch der Spielraum zwischen dem Thorkammerboden und dem Fuß der Schlagsäule so groß ist, daß die Berührung beider nicht sogleich

*) *Annales des ponts et chaussées*. 1861. I. pag. 113.

zu besorgen ist. Dagegen pflegt die Formveränderung, wenn ihr keine Grenze gesetzt wird, schnell zuzunehmen, indem die hölzernen Nägel, welche die Verbindung der Zapfen darstellen, und die eisernen Beschläge, immer leichter nachgeben.

Außerdem muß man darauf Rücksicht nehmen, daß in den Thorkammern starke Ablagerungen von Sand und Schlamm erfolgen, die Bewegung der Thore also dadurch schon weit früher behindert wird, ehe sie den Boden berühren. Ein vollständiges Reinigen der Thorkammer ist aber schwierig, und daher liegt ein großer Vortheil darin, daß man die Reinigung immer erst vornehmen darf, wenn die Anhäufung die Höhe von einigen Zollen erreicht hat.

Unter den Mitteln, wodurch man dem Sacken der Thore begegnet, ist zunächst die Verstrebung zu erwähnen. Die verschiedenartigen Anordnungen derselben sind bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore speciell beschrieben. Hier soll nur auf einzelne Umstände aufmerksam gemacht werden. Der Fuß der Strebe ist jedenfalls mit dem Fuß der Wendesäule zu verbinden, ihren Kopf stützt man aber besser gegen den obern Rahm, als gegen die Schlagsäule, weil letztere sich leichter von der Wendesäule etwas entfernen kann, als der erstere. Je steiler die Strebe angebracht wird, desto wirksamer ist sie. Sie erfüllt daher bei Thoren, die im Verhältnisse zur Breite sehr hoch sind, am besten ihren Zweck, und am wenigsten gewährt sie bei niedrigen und breiten Thoren hinreichende Sicherheit. Man unterstützt sie zuweilen noch durch Anbringung einer zweiten Strebe, die von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte des obern Rahms geführt wird. In manchen Fällen hat man auch drei Streben angebracht, doch ist dieses weniger zu empfehlen. Dagegen läßt man sowohl bei uns, als in Holland und Frankreich auch die ganze Bekleidung des Thors als Verstrebung wirken, wodurch der Druck nicht auf einzelne Stellen vereinigt, vielmehr auf die ganze Länge der Verbandstücke ziemlich gleichmäÙig vertheilt wird. Endlich wäre noch daran zu erinnern, wie schon §. 67 erwähnt, daß man zuweilen und namentlich bei Französischen Canalschleusen gußeiserne Eckstücke in die sämtlichen Winkel zwischen den Schleusen und den horizontalen Verbandstücken einschiebt und durch Schrauben befestigt. Da hierdurch die Berührungsflächen sich wesentlich vergrößern, so wird dem Versacken wirksam vorgebeugt.

Indem die Strebe nicht sogleich in Wirksamkeit tritt, dieses vielmehr erst geschieht, wenn der obere Rahm und das ganze Gewicht des Thors sie so stark belastet und spannt, daß ihre Elasticität den nöthigen Widerstand leistet, so muß eine geringe Formveränderung des Thors der Wirksamkeit der Strebe vorangehn. Um nun diejenige Form, welche dem Zweck am meisten entspricht, dauernd zu sichern, so bringt man bei der Zusammensetzung eine geringe Ueberhöhung an der Seite der Schlagsäule an. Das Maafs derselben beschränkt man bei kleineren Thoren etwa auf einen halben Zoll.

Ein andres Mittel zur Verhinderung des Durchsackens der Thore besteht in der Anbringung eines Zugbandes, welches von dem Kopfe der Wendesäule nach der diagonal gegenüberstehenden Ecke des Thors gespannt wird. In den Französischen Schleusenthoren und zwar eben sowohl bei größern, wie bei kleinern fehlen dieselben fast nie, bei uns kommen sie zuweilen, jedoch nur selten vor, an den Niederländischen Thoren fehlen sie meist, so wie auch an den Englischen Canalschleusen. Man muß diese Bänder, wenn sie an sich hinreichend stark, und überdies in angemessner Weise befestigt sind, als ein kräftiges Mittel gegen das Versacken der Thore ansehen, auch läßt sich dabei leicht mittelst Schrauben oder Keilen eine Vorrichtung zum schärfern Anspannen derselben anbringen.

Das obere Ende des Zugbandes wird gewöhnlich am Kopf der Wendesäule befestigt, das untere Ende dagegen ist zuweilen mit dem untern Rahm, zuweilen auch mit dem Fuß der Schlagsäule verbunden. Letzteres verdient wohl den Vorzug, insofern das Band auch in horizontaler Richtung zieht, und dadurch die Zapfen-Verbindung an beiden Enden der Riegel verstärkt. Demnächst entsteht die Frage, an welcher Seite des Thors man das Zugband anbringen soll, und es ist außer Zweifel, daß dasselbe, wenn es nur an einer Seite sich befindet, in Folge seiner starken Spannung, auf ein Drehn der Verbandstücke, die es faßt, hinwirkt. Um dieses zu vermeiden, verlegt man zuweilen das Zugband in die Mitte zwischen die vordere und hintere Thorfläche, indem man die sämtlichen Riegel durchbohrt und es durch die Bohrlöcher hindurchzieht. Dieses ist beispielsweise bei den Schleusen des Ihle-Canals geschehn (Taf. XLVI). In Frankreich ist es ziemlich allgemein üblich, auf

jede Seite des Thors ein besonderes Zugband zu legen, und beide sowohl oben, wie unten durch Bolzen mit einander zu verbinden.

Diese Bolzen, wodurch das Zugband an beide Säulen befestigt wird, dürfen nicht gegen das Holz der letztern sich lehnen, weil sie sich darin eindrücken, dasselbe auch wohl aufspalten würden, vielmehr müssen sie noch durch die beiderseitigen Eisenbeschläge hindurch gezogen sein, oder wenn sie den Kopf der Wendesäule treffen, muß zu ihrer Sicherung ein besonderes Band oder ein Ring umgelegt werden. Fig. 328 *a* auf Taf. XLVII zeigt die Verbindung des Zugbandes mit dem Kopf der Wendesäule an der Cherbourger Schleuse. Ein starker Eisenring, der durch vier Schrauben fest angezogen werden kann, ist an beiden Seiten durchbohrt, und unterstützt den obern Bolzen. Der untere greift dagegen durch den rechten Winkel des untersten Winkelbandes, der die Schlagsäule mit dem untern Rahm verbindet. Er versieht hier zugleich die Stelle desjenigen Bolzen, der zum Zusammenhalten der beiderseitigen Winkelbänder sonst eingezogen sein müßte.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Canals ist in der Nähe der Schlagsäule um den untern Rahm ein Ring gelegt, und dieser wird von dem Zugbande gefaßt.

Gemeinhin werden die Zugbänder noch an einzelne Thorriegel befestigt, damit sie nicht bei zufälligem Gegenstoßen der Schiffe verbogen werden, was bei ihrer großen Länge leicht geschehn könnte. Damit sie aber, wenn es nöthig ist, später schärfer angezogen werden können, so empfiehlt es sich, an diesen Stellen nicht Bolzen, vielmehr Klammern zu wählen, die sie umfassen, ohne ihre Beweglichkeit zu beschränken.

Das Anziehen der Zugbänder, um dieselben sowohl beim ersten Aufbringen, als auch bei später eintretendem Sacken des Thors gehörig anzuspannen, geschieht entweder durch Keile, oder durch Schrauben. In beiden Fällen sind die Anordnungen zuweilen sehr einfach, alsdann aber auch mit manchen Mängeln verbunden. Für die Keile findet dieses statt, wenn jedes Zugband aus einem einzelnen Stück besteht, und das obere Bolzenloch lang ausgezogen ist, in dieses aber unmittelbar über den Bolzen ein Keil eingetrieben wird. Passender ist die bereits bei der Verankerung der Halsbänder erwähnte Anordnung, wonach das Band aus zwei in einander grei-

fenden Theilen besteht, von denen Fig. 328 *a* und *b* den obern, und dieselben Figuren, so wie auch *c* den untern zeigen, nämlich *a* in ihrer Zusammensetzung und mit den doppelten Treibkeilen, *b* dagegen die beiden Stücke getrennt von einander und *c* den eingreifenden Kopf des untern Theils in der Seitenansicht. Das obere kürzere Stück ist gabelförmig gespalten und zwischen beide Arme desselben tritt der Kopf des untern ein. An den äußern Enden befinden sich jedesmal vortretende Backen, welche durch die eingetriebenen Keile von einander entfernt werden, so daß das ganze Band sich verkürzt. Bei den Thoren der Schleuse vor dem Cherbourger Kriegshafen ist indessen, wie diese Figur zeigt, noch dafür gesorgt, daß beim Einschlagen der Keile nicht eines der Stücke aus dem andern seitwärts herausgeschoben wird, und zu diesem Zweck sind die erwähnten Backen jedesmal der Länge nach mit Nuthen versehen, worin Federn an den betreffenden Stellen der andern Theile eingreifen. Die Figuren *b* und *c* zeigen diese Federn, so wie *c* auch die Nuthen. Man bemerkt leicht, daß das Ende des untern Theils sich nicht in seiner Längenrichtung in die Klaue des obern hineinschieben läßt, weil die erwähnten Backen beider Theile auf einander stoßen würden. Die Verbindung ist aber leicht in der Art zu bewirken, daß man beide Theile so weit über einander legt, daß diese Backen sich nicht mehr treffen, alsdann kann man den Kopf des untern Theils zwischen die Arme des obern schieben, worauf die erwähnten Federn in die Nuthen eingreifen und der Raum zum Eintreiben der Keile frei wird.

Um zu verhindern, daß der Kopf des untern Theils des Bandes sich nicht aus dem Schlitz des obern entfernt, genügt auch statt der Federn und Nuthen ein hindurchgezogener Bolzen, wie bei Gelegenheit der Verankerung Fig. *f* auf Taf. XLVI dargestellt ist. Das Bolzenloch im mittlern Theil muß alsdann aber lang ausgezogen sein, damit die Verkürzung des Zugbandes erfolgen kann.

Bei Anwendung der Schrauben bolzt man zuweilen nur kurze Schienenstücke, die im rechten Winkel umgebogen sind, an die Köpfe der Wendesäulen. Man zieht durch dieselben die mit Schraubengewinden versehenen Enden der Zugbänder hindurch und stellt mittelst Schraubenmutter die erforderliche Spannung her. Im Falle, daß das Zugband im Innern des Thors angebracht, also durch die Riegel hindurchgezogen ist, läßt man es auch wohl un-

mittelbar durch den vortretenden Kopf der Wendesäule greifen, und indem man auf diesen eine eiserne Scheibe legt, bringt man hier die Schraubenvorrichtung zum Nachziehen des Bandes an.

Vortheilhafter ist es, jedes Zugband aus zwei Theilen bestehen zu lassen, die unter sich durch ein Schloß verbunden sind, woran die Schraube sich befindet. Es kommen hiebei verschiedene Modificationen vor. Gemeinhin besteht das Schloß aus einem langen Ringe, der an beiden oder wenigstens an einem Ende eine Schraubenmutter bildet. Wenn er nur eine Schraubenmutter hat, so ist der Ring am andern Ende durchbohrt, und in dieses Bohrloch greift das cylindrisch bearbeitete und mit einem Kopf versehene Ende des obern Theils des Zugbandes. Der untere Theil des Zugbandes ist am obern Ende gleichfalls cylindrisch geformt, doch ist darin ein Schraubengewinde geschnitten, auf welches jene paßt. Wenn also dieses Schloß mittelst einer durchgesteckten Brechstange gedreht wird, so zieht es sich auf die Schraube weiter auf und verkürzt dadurch die Länge des Zugbandes.

Gewöhnlich versieht man beide Enden der Zugstange mit Schraubengewinden, und die betreffenden Muttern befinden sich an den gegenüberstehenden Seiten des Ringes oder Schlosses, das man in diesem Fall eine Schnalle nennt. Damit beim Drehn des letztern die beabsichtigte Verkürzung des Bandes erfolgt, dürften die beiderseitigen Gewinde nicht übereinstimmen. Gemeinhin ist eine Schraube rechts, die andre links gewunden. Bei einmaligem Umdrehn des Schlosses verlängert oder verkürzt sich daher das Zugband um die Summe der Steigungen beider Gewinde. Wenn man dagegen den Schraubengängen gleiche Richtung, aber verschiedene Steigung giebt, so ist die Verkürzung beim einmaligen Umdrehn des Schlosses nur der Differenz der beiden Steigungen gleich. Es läßt sich also bei der letzten Anordnung durch die gleiche Kraft ein bedeutend stärkerer Zug darstellen.

Vielfach giebt man dem erwähnten Schloß nicht die einfache Form eines Ringes, verbindet vielmehr die einander gegenüberstehenden Scheiben, welche die Schraubenmuttern bilden, durch vier Arme, wodurch der Vortheil erreicht wird, daß man die Hebel zum Drehn des Schlosses bequemer einstellen kann.

Fig. 329 zeigt ein Schloß mit zwei Armen und den in entgegengesetzter Richtung geschnittenen Schrauben. In Fig. 330 ist

dagegen eine andre Anordnung dargestellt, die sich von jener dadurch unterscheidet, daß das Schloß nicht mit den beiden Schraubenmuttern, sondern mit den beiden Schraubenspindeln verbunden ist, zwischen welchen sich ein stärkerer Cylinder befindet, der mit zwei sich kreuzenden Bohrlöchern versehen ist. In letztere wird der zum Drehn des Schlosses dienende eiserne Hebel eingesetzt. Die Schraubenmuttern befinden sich in den Ansätzen, welche auf die Enden beider Theile der Zugstange aufgeklaut und durch Schraubenbolzen damit verbunden sind, wie Fig. 330*b* zeigt. Die Höhe dieser Ansätze ist ihrer Breite gleich und stimmt auch mit dem Durchmesser jenes Cylinders überein. Letzterer wird daher nicht gegen die Bekleidung des Thors gedrückt. Der Vorzug dieser Anordnung, die bei den Schleusen des Tarn, eines Nebenflusses der Garonne, gewählt ist, besteht darin, daß man den dem Schloß zugekehrten Enden der beiden Theile des Zugbandes größere Breiten geben kann, sie sich also auf den Belag der Thore sicher auflegen und nicht gedreht werden. Bei den runden Zugbändern ist nämlich immer zu besorgen, daß sie beim Drehn des Schlosses, besonders wenn sich Rost an die Schrauben angesetzt hat, an dieser Drehung Theil nehmen und dadurch wesentlich geschwächt werden.

Besteht das Zugband aus einer einfachen Eisenstange, der man durch Muttern an ihren Enden die nöthige Spannung giebt, wie Fig. *f*, *g* und *o* auf Taf. XLVI zeigt, so kann man denselben hinter dem Gewinde einen quadratischen Querschnitt geben, wodurch gleichfalls das Drehn verhindert wird.

Ferner begegnet man dem Sacken der Thore dadurch, daß man den obern Rahm rückwärts über die Wendesäule verlängert, und ihn am Ende so stark beschwert, daß er dem Thor vollständig, oder doch wenigstens zum Theil das Gleichgewicht hält. Diese Verlängerung des Rahms dient dabei zugleich zum Drehn des Thors, woher man sie den Drehbaum nennt. Bei kleinern Canal- und Flussschleusen ist diese Einrichtung sehr üblich, und sie gewährt in der That große Bequemlichkeit und Sicherheit. Die Figuren 311 und 312 auf Taf. XLIV lassen die Anordnung mit hinreichender Deutlichkeit erkennen. Häufig bringt man aber außer dem Drehbaum auch noch eine Strebe an. Als Beispiel dieser Anordnung ist in Fig. 331 auf Taf. XLVII eines der Thore einer 15 Fuß weiten Canalschleuse bei Zwolle dargestellt. Das Thor ist insofern

besonders bequem angeordnet, als hier eben so wie an den Thoren des Rochdale Canals (Fig. 312) der Drehbaum auch die Vorrichtung zum Oeffnen des Schützes trägt, und letzteres gehoben werden kann, ohne daß man auf das Trittbrett steigen darf.

Der über das Thor hinaus tretende Drehbaum wird nicht prismatisch bearbeitet, vielmehr kommt es darauf an, ihn möglichst schwer zu halten, und man läßt daher dem Stammende die volle Stärke, indem dasselbe nur soweit behauen wird, daß die auffallendsten Unregelmäßigkeiten verschwinden. Es ist auch keineswegs nachtheilig, wenn das Stück gekrümmt ist, vielmehr erreicht man dadurch noch den Vorthail, daß das Ende des Drehbaums, woran man das Thor bewegt, etwas höher gehoben und sonach das Fassen und Schieben desselben erleichtert wird. Zu demselben Zweck pflegt man auch wohl den Drehbaum, wenn er grade ist, nicht horizontal, sondern schräge an das Thor zu befestigen, so daß Letzteres an der Wendesäule eine grössere Höhe, als an der Schlagsäule hat. In Ermangelung hinreichend langer und schwerer Hölzer greift der obere Rahm zuweilen nur einige Fufs weit über die Wendesäule, und der eigentliche Drehbaum ist mit Schraubenbolzen daran befestigt. Diese Anordnung, die ich bei einer kleinen Schleuse in der Nähe bei Manchester sah, gewährt noch den Vorthail, daß der Drehbaum an der Stelle, wo die Gefahr des Bruches am größten ist, nämlich über der Wendesäule, sehr kräftig verstärkt wird.

Auf das hintere Ende des Drehbaums wird häufig ein hölzerner Kasten aufgesetzt, den man mit Steinen anfüllt, um das Gegengewicht zu verstärken. Die Verbindung des Drehbaums mit der Wendesäule wird durch einen Zapfen gebildet, der aus dieser in jenen greift, außerdem muß man aber noch einen starken Bügel darüber legen, da der Zapfen beim Drehn des Thors einem starken Seitendrucke ausgesetzt wird. Das vordere Ende des Drehbaums greift gewöhnlich mit einem Zapfen und einer aufwärts gekehrten Versatzung in die Schlagsäule, und beide werden noch durch einen umgelegten Bügel mit einander verbunden.

Es ist an sich klar, daß der Drehbaum seine beiden Zwecke nur sicher erfüllen kann, so lange das Thor keine grofse Breite hat. Wenn diese 9 Fufs oder darüber beträgt, so wird das Gewicht des Thors schon so grofs, daß die Darstellung eines angemessnen Gegengewichts sehr schwierig ist, ohne den Hebel im Unterstützungs-

punkt der Gefahr des Brechens auszusetzen. Diese Gefahr ist aber um so gröfser, als gerade hier ein Zapfenloch zur Darstellung der Verbindung mit der Wendesäule in den Drehbaum eingeschnitten werden mufs. Andererseits wird der Widerstand des breiten Thors bei der Bewegung desselben auch so grofs, dafs zur Ueberwindung desselben Vorkehrungen getroffen werden müssen, an welche ohne Nachtheil stärkere Kräfte in Wirksamkeit treten dürfen. Es mufs aber noch daran erinnert werden, dafs man Thore mit stark belasteten Drehbäumen vorsichtig behandeln und verhindern mufs, dafs sie heftig zuschlagen, weil alsdann der Drehbaum wegen des grofsen Trägheits-Momentes seiner Belastung abbrechen würde.

Bei grofsen Schleusen wird das Versacken der Thore vorzugsweise durch Rollen oder Räder unter denselben verhindert. In England wird jedes gröfsere Schleusenthor in der Nähe der Schlagssäule von einer Rolle getragen, und zwar geschieht dieses selbst bei gröfsern Canalschleusen, während man in Frankreich nur die Thore von Hafenschleusen in solcher Art unterstützt.

Das Thor findet, während es nicht bewegt wird, allerdings eine sehr sichere Unterstützung in der Rolle, bei seiner Bewegung darf man sich aber von dieser nicht unbedingt eine grofse Erleichterung versprechen, und zwar zunächst weil das Verhältnifs zwischen dem Durchmesser der Rolle und dem ihrer Achse in sehr beschränkten Grenzen zu bleiben pflegt, woher also die Reibung nicht unbedeutend ist. Sodann aber ist eine Ablagerung von Schlamm, Sand und oft sogar von Kies in den Thorkammern nicht zu vermeiden, und dadurch wird die Bewegung der Rolle noch mehr gehindert. In beiden Beziehungen bildet sich der Widerstand am untern Rande des Thors und selbst in noch gröfserer Tiefe. Wollte man diesen dadurch überwinden, dafs man, wie bei uns immer geschieht, den Zug zum Oeffnen oder Schliessen des Thors auf den Kopf der Schlagssäule wirken liesse, so würde das Thor stark gebogen und dadurch seine Verbindung in Kurzem gelöst werden. Aus diesem Grunde ist man gezwungen, sobald die Unterstützung durch die Rolle gewählt wird, eine andre Art des Oeffnens der Thore einzuführen, wobei sie, wie in England in solchem Fall immer geschieht, unter Wasser und oft sogar ziemlich nahe über dem untern Rahm gefafst und gezogen werden.

Es entsteht zunächst die Frage, an welcher Stelle des Thors

die Rolle angebracht werden soll. Jedenfalls bildet der Zapfen unter der Wendesäule eine eben so sichere, und bei der Bewegung eine weniger hinderliche Unterstützung, als die Rolle. Von einer Entlastung des erstern durch letztere kann daher nicht die Rede sein, diese dient vielmehr nur dazu, das Versacken des überhängenden Theils zu verhindern. Hieraus ergibt sich schon, daß man die Rolle möglichst nahe an die Schlagsäule bringen muß. Unter derselben würde sie freilich noch zweckmäßiger stehn, doch bietet, wenigstens bei hölzernen Thoren, ihre Befestigung daselbst größere Schwierigkeiten, als unter dem untern Rahm.

Dabei bleibt noch zweifelhaft, ob die Rolle in die Mittellinie des Thors gestellt, oder daraus mehr oder weniger entfernt werden darf. Wenn es nothwendig wäre, jeden Seitendruck sowohl im Halsbände, wie im untern Zapfen aufzuheben, so würde in dieser Beziehung der passendste Ort für die Rolle sich ergeben, wenn man eine grade Linie durch den Zapfen und die Projection des Schwerpunktes vom Thore zöge, und in die Verlängerung derselben die Rolle stellte. Diese Rücksicht ist indessen keineswegs maßgebend, insofern eine geringe Versetzung keinen nachtheiligen Seitendruck veranlassen kann. Dagegen sind andre Umstände hierbei von wesentlicher Bedeutung. Jedenfalls muß die Rolle so befestigt werden, daß sie den dichten Schluß des untern Rahms gegen die Schlagschwelle nicht behindert, sie darf daher vor den erstern auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite nicht vortreten. Auf der gegenüberstehenden Seite ist ein solches Vortreten nicht nachtheilig, und wenn die Thore cylindrisch gekrümmt sind, würde bei dieser Stellung auch der erstgenannten Bedingung noch genügt werden können. Daß die Thornische alsdann einen besondern, weiter zurücktretenden Raum zur Aufnahme der Rolle erhalten muß, ist keineswegs als hinderlich anzusehn, da ein solcher sich leicht darstellen läßt. Bei den in neuerer Zeit ausgeführten größern Schleusen in England hat die Rolle in der That diese Stellung erhalten, während man sie früher stets unter den untern Rahm zu legen pflegte.

Bei dieser ältern Methode zur Aufstellung der Rollen war deren Gröfse durch den freien Raum unter dem Thor beschränkt, und dieselbe verminderte sich noch mehr, indem man die Bahn, auf welcher die Rolle bei der Bewegung des Thors läuft, noch etwas

über den Thorkammerboden erhöhte, um sie einigermaßen vor Ablagerungen von Sand u. dergl. zu schützen. Der Durchmesser der Rolle mußte daher auf einen halben Fuß und äußersten Falls auf 9 Zoll beschränkt werden, indem aber die Achse stark genug sein mußte, um das Gewicht des Thors zu tragen, so stellte sich das Verhältniß des Durchmessers der Rolle zu dem der Achse wie 2 zu 1, oder im günstigsten Falle wie 3 zu 1 heraus. Eine natürliche Folge hiervon war, daß die Achsen-Reibung übermächtig stark blieb, und die Rolle sich nicht leicht drehte, vielmehr zum Theil auf der Bahn schleifend fortgezogen werden mußte. Sobald man das Thor durch kräftige Winden in Bewegung setzte, wurde dasselbe zuerst merklich gebogen, und nur wenn es dadurch so weit gespannt war, daß der Widerstand, den es der fernern Durchbiegung entgensetzte, dem der Reibung an der Rolle gleich kam, bewegte sich die letztere. Sie nahm aber keineswegs eine gleichförmige Bewegung an, vielmehr erfolgte die Drehung des Thors nur stoßweise, was theils der Augenschein schon erkennen läßt, wovon man sich aber noch deutlicher überzeugt, wenn man sich auf das Thor stellt.

Bei größern Französischen Schleusen hat man aus diesem Grunde die Wirksamkeit der Rolle dadurch zu beschränken gesucht, daß sie anfangs, so lange die Verstrebung des Thors das Durchsacken desselben noch verhindert, die Bahn gar nicht berührt. Sie stellt sich erst später, wenn die Durchbiegung erfolgt ist, auf die Bahn auf und verhindert alsdann ein weiteres Herabsinken des Thors. Der hierdurch erreichte Vortheil scheint indessen keineswegs bedeutend zu sein.

Bei der Hafen-Schleuse zu Rochelle hat man die Anordnung gewählt, daß die Rolle zur Hälfte ihrer Höhe in den untern Rahm eingelassen ist. Sie hindert dabei keineswegs den wasserdichten Schluß gegen die Schlagschwelle, indem der Rahm hinreichende Breite hat, um die Rolle zu überdecken. Der Durchmesser der letztern beträgt 10 Zoll.

Die Befestigung der Rolle gegen den untern Rahm findet keine Schwierigkeit. Es ist dabei nur zu bemerken, daß die kleinen Rollen in diesem Fall gemeinhin nicht kegelförmig, sondern nach einer Kugelfläche zwischen den beiden ebenen Endflächen abgedreht sind, wodurch es entbehrlich wird, der Bahn eine flach

kegelförmige Oberfläche zu geben. Eine starke Achse aus Schmiedeeisen ist durch die Rolle hindurchgezogen und dreht sich in Pfannen, welche an eine Platte angegossen sind. Letztere ist mittelst Schrauben an die untere Fläche des untern Rahms befestigt. Sobald es nöthig ist, die Rolle etwas zu heben oder zu senken, um sie in der passendsten Weise zu belasten, muß jedesmal das Thor ausgehoben werden.

Soviel bekannt, liefs Telford zuerst in den Schleusen des Caledonischen Canals die Rolle vor die dem Oberwasser zugekehrte Thorfläche treten. Um das Thor darauf zu stützen, wendete er eine $7\frac{1}{2}$ Fufs lange und nahe 1 Fufs breite Platte an, an welche zwei Seitenwände und eine Querwand zwischen denselben in der halben Höhe der Platte angegossen war. Die Seitenwände, welche neben der Querwand, eben so wie letztere, 7 Zoll hoch sind, nehmen weiterhin eine geringere Höhe an, setzen sich aber in der ganzen Länge der Platte fort, und bilden hier drei aufwärts gekehrte Haken, womit sie über drei der mittlern Riegel des Thors greifen. Die Figuren 307 und namentlich *d* zeigen dieses. Die erwähnte Mittelwand desselben ruht auf dem mit Eisen beschlagenen Kopfe eines 9 Zoll breiten und 8 Zoll starken hölzernen Stiels, der auf der Rolle aufsteht. Der Fufs desselben ist mittelst zweier Schrauben an einen gusseisernen Schuh befestigt, der theils in seiner Verlängerung das Pfannenlager für die Achse der Rolle bildet, theils aber auch an beiden Seiten mit Federn versehen ist. Diese Federn greifen unter die vortretenden Ränder einer gusseisernen Platte, die über der Bekleidung des Thors an die beiden untern Riegel durch Schrauben befestigt ist. Der erwähnte Stiel wird sonach am Thor festgehalten, kann jedoch abwärts bewegt werden, wenn man das Thor durch die Rolle kräftiger unterstützen will. Zu diesem Zweck sind zwei gegen einander gekehrte eiserne Keile zwischen den Kopf des Stiels und jene Mittelwand des obenerwähnten Kastens getrieben. Durch schärferes Eintreiben derselben wird der Druck des Thors gegen die Rolle vermehrt, so wie man auch durch Zurücktreiben der Keile diesen Druck vermindern kann.

Die Rolle, welche in diesem Fall vor dem Thor liegt, konnte bedeutend höher, als der Spielraum unter dem untern Rahm gehalten werden. Ihr mittlerer Theil, der auf der Bahn läuft, bildet einen Cylinder von 20 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Breite. Der

Mantel desselben ist aber nach einer Kugelfläche geformt, damit er bei der Bewegung über die gekrümmte Bahn nicht zu starke Reibung erfährt. An jede Seite der Rolle setzt sich noch ein flacher Kegel an, so daß die ganze Breite derselben nahe 9 Zoll beträgt. Die Achse besteht aus Stahl, hält 3 Zoll im Durchmesser, und ist in der Rolle festgekeilt. Sie läuft in zwei Pfannen aus Schmiedeeisen, die eben so wie die Pfannendeckel in gewöhnlicher Weise auf den vortretenden Wänden jenes Schuhs befestigt sind, worin der hölzerne Stiel steht.

Zu erwähnen ist noch, daß der untere Riegel an der Stelle, wo die Rolle sich befindet, anders geformt werden mußte, um für letztere den nöthigen freien Raum zu bilden. Die hölzerne darauf gebolzte Schwelle wurde aber keineswegs in ihrer ganzen Breite durchschnitten, woher der wasserdichte Schluß des Thors durch die Rolle nicht unterbrochen ist.

Sehr genau dieselbe Einrichtung ist auch bei den Thoren des St. Katharine's Docks gewählt worden, welches unter Telford's Mitwirkung ausgeführt ist. Die Rollen sind hier aber etwas höher, und halten 24 Zoll im Durchmesser.

Bei den Thoren des Docks zu Hull ist die Einrichtung in mancher Beziehung hiervon abweichend. Die Rolle hat nur 12 Zoll Durchmesser und trägt eine starke Eisenstange, die durch mehrere Führungen bis gegen den zweiten Riegel heraufreicht und ist hier als Schraubenspindel bearbeitet, wie Fig. 309 *b* zeigt. An dem zweiten und dritten Riegel ist ein gusseiserner Rahmen befestigt, der auf einer starken messingenen Schraubenmutter ruht. Durch Umdrehn der letztern kann man die Rolle in die passende Höhe einstellen.

Sehr nahe stimmt hiermit die Befestigung der Rollen an den Thoren des Docks zu Montrose überein. Die Rollen haben 18 Zoll Durchmesser und sind kegelförmig abgedreht. Sie bestehn aus Gufseisen, ihre Achsen dagegen aus Stahl. Das gufseiserne Pfannenlager trägt eine durch mehrere Führungen gesicherte 3 Zoll starke Stange aus Schmiedeeisen, die oben wieder in eine Schraubenspindel ausläuft. Die Mutter, aus Messing bestehend, lehnt sich oben gegen einen gufseisernen Rahmen, und trägt mittelst desselben das Gewicht des Thors. Der Pfannenträger der Rolle wird aber durch eine gufseiserne Scheibe, unter deren Ränder

er eingreift, in der gehörigen Richtung gegen die Thorfläche gehalten.

Wesentlich verschieden von den beschriebenen Anordnungen zur Unterstützung der Thore durch Rollen sind diejenigen, die man in Liverpool vielfach ausgeführt sieht. Auch hier ist die Rolle am Fuß eines Stiels, auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors befestigt. Derselbe besteht aus Holz, das Eigenthümliche dabei ist aber, daß sein Kopf nicht unmittelbar mit den obern Riegeln des Thors verbunden ist, sondern vielmehr mit einem langen gußeisernen Hebel, der bald über dem obern Rahm, bald zwischen demselben und dem ersten Riegel angebracht ist. Auch kommen noch insofern Verschiedenheiten dabei vor, als jener Stiel bald den Stützpunkt des Hebels bildet, also durch das Moment des langen Armes belastet wird, bald aber auch der kurze Hebelsarm diesen Stiel herabdrückt, indem eine kräftige Schraube den langen Arm hebt. Ein Vorzug dieser Einrichtungen gegen die früher beschriebenen liegt darin, daß der Druck der Schraube im Verhältniß der Länge der Hebelsarme verstärkt wird, die Schraube also leichter zu bewegen, oder die Rolle bequemer einzustellen ist. Wenn dagegen die Rolle mittelst jenes Baums den Stützpunkt des schweren Hebels bildet, so wird das Thor neben der Schlagsäule durch den kürzern Hebelsarm stets mit einer sich gleich bleibenden Kraft gehoben. Dieses geschieht auch noch, wenn die Bahn, auf der die Rolle läuft, nicht ganz horizontal liegen sollte, die Rolle also bald etwas höher, bald etwas niedriger stände. Man bemerkt leicht, daß eine solche Gleichmäßigkeit in der Belastung der Rolle bei den früher beschriebenen Einrichtungen nicht zu erreichen ist, indem dabei der Druck des Thors sich wesentlich vergrößert, sobald eine Erhöhung in der Bahn stattfindet, und die Rolle auf diese tritt.

Man hat eine ähnliche Einrichtung auch bei den Thoren der in neuerer Zeit erbauten Schleuse des Coburg-Docks angewendet, welches wegen der großen Weite der Schleuse und wegen der schweren Thore eine besonders wirksame Unterstützung derselben erforderte. Diese Thore, aus Holz bestehend, sind schon oben (§. 67) beschrieben worden. Die Art, wie die Rollen daran befestigt sind, ist Fig. 333 auf Taf. XLVII dargestellt. *a* zeigt die obere Ansicht des Hebels, *b* die Seitenansicht desselben und seine

Verbindung mit dem Stiel, welcher auf der Rolle aufsteht. Letzteren bemerkt man in Fig. *e*, welche die Fortsetzung von Fig. *b* bildet. Fig. *d* ist die Ansicht dieses Stiels und der Rolle in der Längenrichtung des Thors und *c* ein vertikaler Querschnitt durch die Stütze, welche mit dem kürzern Arm des Hebels verbunden ist.

Man bemerkt zunächst aus Fig. *a*, wie die Krümmung des Thors vortheilhaft benutzt ist, um die Verbindung des Hebels mit der Säule, die auf der Rolle steht, möglichst nahe an die dem Oberwasser zugekehrte Seite des Thors zu bringen. Dasselbe ist auch bei den erwähnten ältern Anordnungen dieser Art an den Liverpooler Schleusen stets der Fall.

Die Rolle, welche das Thor trägt, befindet sich nicht, wie gewöhnlich, möglichst nahe an der Schlagsäule, ist vielmehr noch 11 Fuß davon entfernt, wie Fig. 332 zeigt. Sie verhindert daher nicht nur das Sacken des Thors, sondern entlastet zum Theil auch den Zapfen. Die eigenthümliche Anordnung des letztern soll hierzu Veranlassung gegeben haben.

Der Hebel, aus Gufseisen bestehend, und sowohl in vertikaler, als horizontaler Richtung durch weit vortretende Rippen verstärkt, ist $16\frac{1}{2}$ Fuß lang. Sein kürzerer Arm trägt mittelst einer gusseisernen Stütze, die man Fig. *c* im vertikalen Durchschnitt sieht, das Thor. Diese Stütze ist zwischen die beiden obern Riegel eingeschoben und mittelst Schraubenbolzen daran befestigt. Zwei andre gusseiserne Stützen, die man Fig. *a* im horizontalen Querschnitte sieht, umfassen an zwei Stellen den Hebel und dienen dadurch theils zu seinem Schutz, theils halten sie ihn an seiner Stelle, ohne seine Bewegung in vertikaler Richtung zu verhindern. Im Innern der äußern Stütze ist der Hebel gabelförmig gespalten, und zwischen seinen beiden Armen ist mittelst zweier darin eingreifender Achsen eine messingne Schraubenmutter befestigt. In letztere greift eine eiserne Schraubenspindel ein, die sonach die Unterstüßung des längeren Hebelsarmes bildet. Durch Umdrehn der Spindel kann man jene erste Stütze und mit ihr das ganze Thor so weit heben, als nöthig ist.

Die Länge des kürzern Hebelsarmes beträgt nur 1 Fuß 3 Zoll. Die Drehung des Hebels erfolgt um eine Achse, die sich über dem Stiel, also über der Rolle befindet. Der Kopf des Stiels besteht aus zwei gusseisernen Blöcken, die durch drei gegen einander ge-

triebene Keile unter sich verbunden sind. Eine Kröpfung war hier nicht zu vermeiden, indem der Hebel noch innerhalb der äußern Thorfläche, die Säule dagegen außerhalb derselben angebracht werden mußte. Der untere Theil des Kopfes ist gespalten und umfaßt die hölzerne Säule, die senkrecht bis zum Fuß des Thors herabreicht. Dieselbe ist 1 Fuß breit, oben 9 Zoll und unten 1 Fuß stark. Sie liegt ihrer ganzen Länge nach frei auf der Fläche des Thors, ohne irgendwo durch einen Bügel, oder auf andre Weise gehalten zu werden. Dieses ist insofern auch nicht nöthig, als ihre beiden Enden sehr sicher befestigt sind, nämlich der Kopf an dem eben beschriebnen langen Hebel, und der Schuh, in welchen sie eingelassen ist, an einem zweiten kürzern Hebel.

Der erwähnte Schuh setzt sich bis zum untern Rande des Thors fort, er ist aber unterhalb der Platte, auf welcher der hölzerne Stiel aufsteht, gespalten, und seine beiden Arme halten die Achse, um welche der letzterwähnte kurze Hebel sich drehn kann. Dieser Hebel ist wieder zweiarmig und sein Stützpunkt ist die Achse der Rolle. Der eine Arm trägt, wie eben beschrieben, den hölzernen Stiel, und der andre, der in einen Cylinder ausläuft, trägt mittelst einer darüber greifenden Pfanne den untern Rahm des Thors. Diese Anordnung ist von der früher beschriebnen wesentlich abweichend, da nur die Hälfte des Drucks, den das Thor ausübt, auf die Säule übertragen wird, die andre Hälfte dagegen unmittelbar den untern Rahm trifft. Ein zweiter Vortheil, der hierdurch erreicht wird, besteht darin, daß die Rolle mit dem Thor verbunden ist, und keine besondere Befestigung der Säule, oder deren Schuhs gegen das Thor erforderlich wird.

Die Rolle, 2 Fuß hoch, ist eigenthümlich angeordnet, indem sie aus zwei Rollen besteht, die durch eine gemeinschaftliche Achse mit einander verbunden sind. Auf letzterer liegt die Pfanne, die in den erwähnten kurzen Hebel eingelassen ist, und dieser, wieder aus Gufseisen bestehend, ist so hochkantig geformt, daß ein Durchbiegen desselben nicht besorgt werden kann. Die beiden Rollen sind nicht cylindrisch, sondern kegelförmig abgedreht, und zwar nach der Fläche eines Kegels, dessen Spitze in der Drehungsachse des Thors liegt.

Die Bahnen, auf welchen beide Rollen laufen, sind durch eine nach dem Kreise gebogene sehr schwere Schiene gebildet. Dieselbe

ist 2 Fuß breit und 6 Zoll hoch. Indem ihre Mitte von den Rollen nicht berührt wird, so konnte sie hier, nämlich in der Rinne zwischen beiden Bahnen durch Bolzen befestigt werden, die man in die Werksteine eingelassen und darin vergossen hatte.

Diese Befestigung der Bahn kann nicht gewählt werden, wenn nur eine Rolle das Thor trägt, die also in der Mittellinie der Schiene läuft. Es bleibt alsdann nur übrig, die Schiene stellenweise zu verbreiten, oder sie mit Lappen zu versehen, in welche die Bolzen eingreifen. Man pflegt alsdann die Lappen abwechselnd an der einen und der andern Seite anzubringen. Jedenfalls muß aber sowohl auf die sichere Befestigung, als auch auf die genaue Bearbeitung der Schiene große Vorsicht verwendet werden, weil ohne dieses die Rolle soviel Widerstand findet, daß ihr Nutzen fast vereitelt wird. Die Anwendung gußeiserner Bahnen, wie solche in früherer Zeit üblich waren, ist insofern nicht zu empfehlen, als ein Bruch derselben bei starken Erschütterungen, die nicht ganz zu vermeiden sind, besorgt werden muß.

Endlich hat man in neuster Zeit zuweilen, jedoch wohl nur bei großen Schleusenthoren, ein andres Mittel angewendet, um das Sacken derselben zu verhindern. Es besteht darin, daß man das Thor nicht nur auf der Seite nach dem Oberwasser, sondern auch nach dem Unterwasser mit dichter Bekleidung versieht, und dadurch im Innern einen wasserdicht abgeschlossnen Raum darstellt. Wird derselbe ausgepumpt, so vermindert sich das Gewicht des Thors, und bei der gewöhnlichen Stärke der Riegel und bei hohem Wasserstande vor dem Thor kann das Gewicht leicht so weit vermindert werden, daß es demjenigen des verdrängten Wassers gleichkommt. Es würde allerdings nicht angemessen sein, das Gewicht des Thors auf diese Art ganz aufzuheben, oder es so zu erleichtern, daß es aufschwimmt, weil es in diesem Fall das Halsband ausheben könnte, dagegen liegt ohne Zweifel ein großer Vortheil darin, den Druck des Thors beliebig vermindern zu können, und dadurch sowohl die Bewegung desselben zu erleichtern, als auch dem Sacken vorzubeugen. Man kann aber in der That den Druck des Thors beliebig darstellen, indem man nicht alles Wasser auspumpt, sondern eine angemessne Quantität desselben noch darin läßt. Es darf kaum erwähnt werden, daß der Wasserdruck, der das Thor aufwärts unterstützt, oder dessen Gewicht

theilweise aufhebt, bei geschlossnen Thoren allein vom Stande des Oberwassers abhängt, denn nur dieses tritt gegen die untere Fläche des Thors. Der Stand des Unterwassers bedingt dagegen die Reibung zwischen den Thoren und den Wendenischen und Schlag-schwellen. Ein Heben der Thore wird demnach weniger zu besorgen sein, wenn das Unterwasser niedrig, als wenn es hoch steht. Das Unterwasser tritt nur gegen die vertikale Fläche des Thors, der Druck des Erstern kann daher das Letztere unmittelbar weder heben, noch senken.

Um den aufwärts gekehrten Druck des Wassers in der beschriebenen Weise zur Unterstützung des Thors zu benutzen, muß man dafür sorgen, daß jeder beliebige Wasserstand im Innern sich mit Leichtigkeit darstellen läßt, und dieses geschieht, indem man sowohl eine Pumpe einstellt, die bis zum untern Rahm oder der Bodenplatte herabreicht, als auch in gehöriger Tiefe ein Ventil zum Einlassen des Wassers anbringt, das man beliebig öffnen und wasserdicht schließen kann.

Bei dieser Anordnung wird die Bewegung großer Thore sehr erleichtert, wenn man aber zum jedesmaligen Füllen des Thors trübes Wasser benutzt, wie namentlich bei Dockschleusen kaum zu vermeiden ist, so tritt der Uebelstand ein, daß die erdigen Theile, die im Wasser schweben, im Thore niederschlagen, und nach und nach in so hohem Grade sich anhäufen, daß das Thor stärker belastet wird, als wenn es in gewöhnlicher Weise nur mit einer Bekleidung erbaut wäre. Man muß daher noch dafür sorgen, daß das Thor von Zeit zu Zeit gereinigt werden kann. Hierzu dienen große Einsteige-Oeffnungen ähnlich den Mannlöchern in den Dampfkesseln.

Durch die bisher beschriebenen Vorrichtungen werden die Thore fortwährend und in gleicher Weise unterstützt, mögen sie geöffnet oder geschlossen sein, oder bewegt werden. Bei diesen verschiedenen Zuständen ist indessen die Gefahr des Versackens keineswegs gleich groß, und im Allgemeinen darf man wohl annehmen, daß derjenige Zustand in dieser Beziehung am gefährlichsten ist, in welchem das Thor die längste Zeit hindurch sich befindet. Die Formveränderung erfolgt nämlich dadurch, daß die Verbindung beim Nachgeben einzelner Theile und namentlich beim Eindrücken der Bolzen und Nägel in die berührenden Holzflächen gelockert

wird. Ein Zustand, der nur kurze Zeit anhält, wie das Oeffnen und Schliessen der Thore, ist demnach, wenn dabei nicht etwa ein heftiges Stossen oder starkes Biegen eintritt, am wenigsten bedenklich. Viel wichtiger ist es, die Thore in solchen Stellungen, die sie lange Zeit hindurch einnehmen, gehörig zu unterstützen. Wenn die Thore geschlossen und zugleich einem merklichen Wasserdruck ausgesetzt sind, so verhindert schon die hierdurch veranlasste Reibung zwischen dem untern Rahm und der Schlagschwelle das Herabsinken des Thors, und sonach kommt es vorzugsweise nur darauf an, letzteres, wenn es geöffnet ist, noch möglichst sicher zu unterstützen. Dieses Bedürfnis stellt sich bei solchen Thoren, die nur zur Zeit der höchsten Wasserstände benutzt werden, um so dringender heraus, als sie auch besonders schwer sind, und bei den gewöhnlichen Wasserständen nur zum kleinsten Theile eintauchen, daher beinahe ihr volles Gewicht fast beständig in den Zapfen und Halsbändern hängt.

Eine solche Unterstützung der Thore in den Thornischen ist leicht darzustellen. Am häufigsten versieht man zu diesem Zweck die Schlagsäule an der dem Oberwasser zugekehrten Seite mit einem kurzen, aber starken eisernen Arme, der, wenn das Thor geöffnet ist, über die Mauer tritt. Durch diesen Arm greift eine starke Schraube, die durch Umdrehn fest auf die Mauer der Thorkammer aufgestellt wird. Damit sie aber nicht etwa die Deckplatte sprengt, befestigt man darauf eine starke gusseiserne Scheibe, die mit einer dem Fuß der Schraube entsprechenden Höhlung versehen ist. Man erreicht dadurch noch den Vortheil, daß das Thor ganz sicher in der Nische gehalten wird. Soll es aber gebraucht und daher geschlossen werden, so muß zuerst die Schraube mittelst eines kräftigen Schlüssels gelöst werden. Zuweilen läßt man auch an der Schlagsäule die Schraubenspindel bis zum Thorkammerboden herabgehn. Diese Anordnung ist allerdings bedeutend kostbarer in der ersten Anlage und schwieriger in der Unterhaltung, sie gewährt aber den Vortheil, daß man das geschlossene Thor eben sowohl, wie das geöffnete unterstützen kann.

In manchen Fällen ist man gezwungen, noch eine andre Art von Unterstützung der Thore anzubringen, wodurch dieselben, wenn sie geschlossen sind, verhindert werden, sich von selbst zu öffnen. Im Allgemeinen wird das geschlossene Schleusenthor

durch den Wasserdruck sehr sicher in seiner Stellung gehalten, und selbst wenn der Wasserdruck aufhört, oder noch nicht eingetreten ist, fehlt bei der geringen Bewegung des Wasserspiegels in Flüssen und Canälen gemeinhin jede Veranlassung, wodurch die Thore sich von selbst öffnen könnten. Wenn dagegen das Wasser in einem Fluß bis über den Wasserspiegel der nächsten Canalstrecke steigt, so kann das Schleusenthor, welches nach der Canalseite aufschlägt, den Eintritt des Hochwassers in dieselbe nicht verhindern, und öffnet sich. Will man das Hochwasser vom Canal abhalten, so muß man noch besondere Fluth-Thore (§. 63) anbringen.

Das wiederholte und wegen der damit verbundenen Stöße höchst nachtheilige Oeffnen und Schliessen der Thore tritt ein, wenn ein starker Wellenschlag sich bis an die Schleuse erstreckt, und der Wasserstand hinter den Thoren mit demjenigen vor denselben übereinstimmt. Sobald eine Welle gegen die Thore tritt, übt sie auf dieselben einen Druck aus, der ihrer Höhe über dem Binnenwasserstande entspricht, sobald aber unmittelbar darauf die Senkung der Wasserfläche neben den Thoren erfolgt, wobei der Wasserstand an der äußern Seite niedriger, als an der innern ist, so stellt sich ein Druck in entgegengesetzter Richtung ein. Die Thore werden demnach, und zwar eben sowohl, wenn sie Fluth-, als wenn sie Ebbe-Thore sind, von jeder Welle einmal aufgestossen und einmal zurückgeworfen. Dabei tritt aber jedesmal Wasser hindurch, so daß die Niveau-Differenz sich immer ausgleicht, wenn nicht etwa das durch die Schleusenthore begrenzte Bassin eine bedeutende Ausdehnung hat, und sonach dauert in vielen Fällen dieses Schlagen fort, wenn auch das äußere Wasser schon stark gefallen ist. Man könnte die Thore allerdings leicht dieser Gefahr entziehen, wenn man sie ganz öffnete, alsdann würde aber ihr späteres Schliessen noch gefährlicher werden. Die Schleusen eines Docks bestehn gemeinhin aus einem einzelnen Haupte, und müssen den Wasserstand der gewöhnlichen Fluth im Dock zurückhalten. Sobald auswärts derselbe Wassersand eingetreten ist, öffnet man die Thore, um die Schiffe aus- und einzulassen, man schließt sie aber noch während des Hochwassers, damit die Schiffe im Dock flott bleiben. Dieses Schliessen muß schon erfolgen, ehe ein starkes Fallen des äußern Wassers eintritt, weil sonst die Strömung

in der Schleuse so heftig wird, daß die Thore mit Gewalt zuschlagen. Man ist demnach gezwungen, die Thore schon zu schliessen, während der Wasserstand an beiden Seiten nahe derselbe ist, und sonach die gegenlaufenden Wellen noch die Thore hin und her stoßen.

Bei Schleusen, die ihrer Lage nach nur selten von starkem Wellenschlage getroffen werden, begnügt man sich, die vortretenden Köpfe der beiden Schlagsäulen zusammenzubinden, oder auch durch Anbringung leichter Absteifungen gegen die Schleusenmauern dieses Oeffnen der Thore zu verhindern. Wenn dagegen häufig ein starker Wellenschlag vor der Schleuse sich bildet, so muß man schon bei Erbanung derselben für passende und leicht in Wirksamkeit zu setzende Anordnungen dafür sorgen, daß dieser Gefahr jedesmal schnell und sicher begegnet werden kann. Haken oder Ueberwürfe an den Köpfen der Schlagsäulen, womit man diese mit einander verbindet, sind bei starkem Wellenschlage und an großen Thoren nicht als genügend anzusehn, indem letztere dabei noch durchbiegen und beschädigt werden können. Sicherer ist es, wie an der bereits wiederholentlich erwähnten Schleuse in Cherbourg geschehn, Riegel anzubringen, die neben den Rollen, worauf die Thore aufstehn, in eiserne Schuhe im Kammerboden geschoben werden. Die zum Schliessen der Thore dienenden Ketten können, wenn sie in angemessner Höhe das Thor fassen, dieses auch sehr sicher an seiner Stelle halten. Ausserdem hat man aber zuweilen zu diesem Zweck noch besondere Arme in den Thornischen angebracht, die sich um senkrechte Achsen, an der der Wendenische gegenüber befindlichen Seite drehn, und wenn sie zurückgeschlagen sind, hinter dem Thor in der Thornische liegen. Sobald man diese vortreten läßt, berühren sie das geschlossene Thor, und indem sie sich gegen eine darauf befestigte und passend zugeschnittene Bohle fest aufsetzen, halten sie das Thor sehr sicher in seiner Stellung. Minard erwähnt, daß man bei dieser Einrichtung sogar Ebbethore als Fluththore benutzen und mit denselben einen etwas höhern äußern Wasserstand von dem Bassin oder Dock abhalten könne. Eine nähere Beschreibung dieser Vorrichtung wird bei Gelegenheit der Hafenbauten gegeben werden.

§. 71.

Oeffnen und Schliessen der Thore.

Unter den Widerständen, welche beim Oeffnen und Schliessen der Thore überwunden werden müssen, wäre zunächst die Reibung an beiden Zapfen zu erwähnen. Sie wirkt in der Nähe der Drehungsachse und verursacht daher, wenn sie auch an sich bedeutend sein sollte, bei dem langen Hebelsarme, womit die Thore jedesmal gefasst werden, keinen erheblichen Widerstand. Sie ist aber von der Glätte der sich berührenden Flächen und zugleich von der richtigen Stellung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder abhängig. Wenn diese sorgfältig bearbeitet und eingesetzt sind, zugleich auch eine so feste und sichere Lage haben, daß sie sich nicht verschieben, noch auch bedeutend abnutzen können, so ist die durch sie veranlasste Reibung nicht bedeutend. Das Halsband kann, insofern es stets über Wasser liegt, leicht in gehöriger Schmiere erhalten werden. Beim untern Zapfen und der Pfanne ist dieses nicht der Fall, doch wird, wie bereits erwähnt worden, die Pfanne vor dem Einhängen des Thors mit Seife eingestrichen. Wie gering diese Achsen- und Zapfenreibung bei gewöhnlichen Schleusenthoren ist, ergiebt sich gemeinhin beim Einhängen derselben, bevor die Schleuse mit Wasser gefüllt wird. Man wird oft davon überrascht, welcher geringe Druck gegen die Schlagsäule zur Bewegung des Thors schon genügt. In den Niederlanden wurde früher die Bedingung gestellt, daß selbst grössere Thore mittelst einer Thonpfeife, ohne daß diese zerbrach, gedreht werden könnten.

Die Reibung der Wendesäule gegen die Wendenische ist wegen der rauhen Oberfläche der letztern viel bedeutender als die Zapfenreibung, doch wird der Widerstand, den sie bei der Bewegung des Thors verursacht, wieder dadurch gemässigt, daß sie am Umfange der Wendesäule, also in geringer Entfernung von der Drehungsachse wirksam ist. Man verhindert sie aber noch häufig durch Versetzung der Drehungsachse, in Folge deren sie nur eintritt, sobald das Thor der Schlagschwelle sich nähert. Ausserdem pflegt stets einiger Spielraum im Halsbände zu bleiben, man läßt

auch wohl absichtlich einen solchen bestehn, und die Folge davon ist, daß beim Aufhören des Wasserdrucks das Thor etwas überweicht, und dadurch der obere Theil der Wendesäule sich von der Höhlung der Wendenische entfernt. Der untere Theil der Säule bleibt freilich in der Nische, er würde sogar, wenn auch hier ein Spielraum gelassen wäre, sich noch stärker hineindrängen. Sehr bedeutend wird die Bewegung eines Schleusenthors erschwert, wenn die Drehungsachse nicht in der Richtung des Lothes liegt, alsdann bleibt nämlich der Schwerpunkt des Thors bei dessen verschiedenen Stellungen nicht in gleicher Höhe, und dasselbe muß bei gewissen Bewegungen gehoben werden. Der größte Widerstand, den ein Schleusenthor seiner Bewegung entgegensetzt, rührt von dem Wasser her, welches von der einen Seite fortgedrängt, auf die andre zu fließen gezwungen ist, dieser Widerstand ist von der Gröfse des Thors und von der Geschwindigkeit abhängig, womit dasselbe gedreht wird. Man vermindert ihn etwas, wenn man die Schütze während der Drehung geöffnet läßt, doch ist der Erfolg davon meist sehr unerheblich. Wichtiger ist es dagegen, den Thorkammerboden stets möglichst rein zu halten, da die Beweglichkeit des Thors überaus vermindert wird, wenn dasselbe in den flüssigen Schlamm eintaucht.

Das Wasser setzt noch in andrer Beziehung der Bewegung des Thors Widerstand entgegen. Die Thore werden nämlich geöffnet, sobald der Wasserstand an beiden Seiten sich ins Niveau gestellt hat. Die Hebung oder Senkung des Wasserspiegels in der Kammer erfolgt aber keineswegs gleichmäfsig. Sie tritt anfangs so lange die Niveaudifferenz noch bedeutend ist, rasch ein, verzögert sich aber nach und nach und geht endlich, wenn beide Niveaus beinahe in gleicher Höhe sich befinden, nur noch sehr langsam von statten. Man wartet daher gemeinhin den Zeitpunkt dieser vollständigen Ausgleichung nicht ab, und bemüht sich vielmehr, durch verstärkten Zug die Thore schon zu öffnen, während ein Wasserdruck von 1 Zoll oder auch wohl ein höherer noch davor steht.

In einzelnen Fällen, und namentlich bei Dockschleusen, tritt auch beim Schließen der Thore ein ähnlicher Druck ein. Wenn nämlich einige Strömung durch die Schleuse geht, so würden die Thore, sich selbst überlassen, heftig zuschlagen und der Gefahr

des Brechens ausgesetzt sein. Um dieses zu verhüten, hält man das Thor zurück, staut dadurch vor demselben das Wasser auf, und veranlaßt in gleicher Weise, wie beim zu frühen Oeffnen des Thors einige Niveaudifferenz.

Wenn das Thor auf einer Rolle ruht, so entsteht bei der Drehung noch ein neuer, und oft sehr bedeutender Widerstand aus der Reibung der Rolle. Das ungünstige Verhältniß des Durchmessers der Achse zu dem der Rolle, wovon schon oben die Rede war, gestattet nicht, diese Reibung auf ein geringes Maafs zurückzuführen, und sie wird vollends noch wesentlich vermehrt, wenn die Bahn an sich uneben oder mit Sand bedeckt ist. Höchst ungünstig ist dabei noch der Umstand, daß dieser Widerstand gerade am untersten Rande des Thors und sogar noch unter demselben eintritt. Wollte man ihn daher durch einen Zug überwinden, der wie gewöhnlich am Kopf der Schlagsäule angebracht wäre, so würde die Durchbiegung des Thors in höchst bedenklichem Grade eintreten.

Es ergiebt sich aus dieser allgemeinen Betrachtung der Widerstände, welche die Bewegung der Thore erschweren, daß dieselben bei sorgfältiger Ausführung und Aufstellung der Thore und gehöriger Aufsicht wohl auf ein gewisses Maafs sich beschränken lassen, daß sie aber dennoch immer bedeutend bleiben und daher, namentlich bei großen Thoren, kräftige mechanische Vorrichtungen zu ihrer Ueberwindung nothwendig sind. Dabei ist zu beachten, daß gemeinhin nur sehr beschränkte Kräfte zur Verfügung stehn, und dennoch immer verlangt wird, daß das Durchschleusen möglichst beschleunigt werden soll.

Es ist keineswegs zweckmässig, den Zug oder Druck, durch welchen das Thor geöffnet und geschlossen wird, auf den Kopf der Schlagsäule wirken zu lassen. Am obern Theil erfährt das Thor, von der geringen Reibung im Halsbände abgesehn, keinen Widerstand. Solcher tritt vorzugsweise unter Wasser ein, und in manchen Fällen bildet sich der stärkste Widerstand gerade in der Nähe des Bodens. Bei kleinen Thoren ist die Verbindung verhältnißmässig viel inniger und fester, als bei größern, woher die Biegung in Folge der verschiedenen Höhen, in welchen Kraft und Last das Thor treffen, in geringerem Maasse eintritt. Man pflegt daher bei solchen die Kraft auf den obern Theil des Thors wirken

zu lassen, wo sie sich am einfachsten anbringen läßt. Bei großen Thoren, wie in Seeschleusen und namentlich Dockschleusen wagt man aber nicht, dieses noch zu thun, vielmehr faßt man die Thore in einer den Widerständen entsprechenden Höhe. Auf diese Weise wird das Thor weniger angegriffen, und die jedesmalige Durchbiegung desselben, wenn auch nicht ganz verhindert, doch wesentlich verringert.

Unter den Vorrichtungen, deren man sich zum Drehn der Thore bedient, ist wegen der häufigen Anwendung zunächst der Drehbaum zu erwähnen, von dem bereits die Rede war.

Demnächst ist die Zugstange zu nennen, die besonders in Deutschland und Frankreich vielfach benutzt wird. Sie besteht in einer Stange oder einem schwachen Baume, der mittelst eines Bolzen an den Kopf der Schlagsäule befestigt ist. Indem man von der Schleusenmauer aus die Stange anzieht, so öffnet man das Thor, dasselbe wird aber geschlossen, sobald man sie zurückdrückt. Zur Erleichterung ihres Gebrauchs hat man sie mit verschiedenartigen Nebentheilen und mechanischen Vorrichtungen verbunden. Die einfachste darunter ist ohne Zweifel diejenige, welche man zuweilen noch vorfindet. Die Stange ist nämlich am Ende mit einem Querriegel versehen, um den Zug und Druck etwas bequemer daran ausüben zu können, als wenn man die Stange unmittelbar fassen müßte.

Häufig wird die Zugstange mit einer Winde in Verbindung gesetzt. Man befestigt nämlich ein Tau oder eine Kette, die zwei- oder dreimal um die Winde geschlungen ist, gegen beide Enden der Stange. Indem die Winde nach der einen oder andern Seite gedreht wird, so schließt oder öffnet sich das Thor. Dabei ist es keineswegs nothwendig, daß das Tau oder die Kette scharf gespannt ist, wobei die Stange gekrümmt und leicht zerbrechen würde, aber ganz schlaff darf das Tau auch nicht werden, weil in diesem Fall die Spannung in dem nicht angezogenen Theil desselben und damit zugleich die Reibung gegen den Umfang der Winde aufhören könnte, das Tau also darüber fortgleiten würde. Es ist daher angemessen, eine Vorrichtung anzubringen, wodurch die Spannung, soweit solche erforderlich ist, sich immer leicht darstellen läßt. Eine einfache Schraube ist hierzu am meisten geeignet.

Die Winde kann hierbei eben sowohl horizontal, als vertikal aufgestellt sein. Beides kommt häufig vor. Im ersten Fall bedarf man keiner besondern Rolle zur Unterstützung der Stange. Dieselbe liegt entweder auf der Winde, oder hängt darunter. Wenn sie darauf liegt, so erschwert sie den Verkehr auf der Schleusenmauer, andernfalls stellt sich die erforderliche Spannung im Tau leichter dar, aber indem die Stange nur an den Enden unterstützt ist, so biegt sie leicht durch und ist alsdann nicht mehr stark genug, um beim Schliessen des Thores den erforderlichen Druck auszuüben.

Vortheilhafter ist es, Erdwinden anzubringen. Fig. 334 auf Taf. XLVII zeigt eine solche, und zwar von der Einrichtung, die bei neuern Französischen Canalschleusen häufig vorkommt. Die eiserne Achse derselben, unten etwa zwei Zoll und oben einen Zoll stark, ist in die Mauer befestigt, und darauf hängt die Winde, die gewöhnlich ganz aus Gusseisen besteht. Ihr Kopf, der mit den Oeffnungen zum Einsetzen zweier hölzernen Kreuzarme versehen ist, ist massiv. Der Mantel der Winde mit dem untern Rande hat dagegen nur eine geringe Wandstärke, während zu seiner gehörigen Befestigung unten noch eine ausgedrehte Pfanne eingesetzt ist, welche über die Achse greift. Die Stange muß noch durch eine horizontale Rolle, die gewöhnlich aus Holz besteht, und 4 Zoll stark und 30 Zoll lang ist, unterstützt werden. Die sonstige Einrichtung und zugleich die oben erwähnte Schraube zum Anspannen des Taues ergibt sich aus der Figur.

Man pflegt die Zugstange in diesem Fall und eben so auch, wenn sie unter der horizontalen Winde hängt, in der Art zu befestigen, daß sie stets in horizontaler Lage bleibt. Die Schlagsäule muß daher oben bis zur Höhe der Rolle neben der Erdwinde verlängert sein. Der Weg, den die Schlagsäule bei der Drehung des Thors beschreibt, fällt nicht in eine gerade Linie, daher verändert sich auch die Richtung des Zuges. Den Punkt, wo die Winde aufzustellen ist, bestimmt man in der Art, daß man durch die beiden äußersten Stellungen der Schlagsäule eine gerade Linie, und zu dieser parallel eine zweite zieht, welche die Pfeilhöhe des Bogens, den die Schlagsäule bei ihrer Bewegung beschreibt, halbirt. In diese Linie wird die Winde gestellt.

Die Zugstange wird häufig mit Zähnen versehen, womit sie in ein an der Winde angebrachtes gezahntes Rad eingreift.

Dabei kommen wieder die beiden Fälle vor, daß die Winde entweder um eine horizontale, oder um eine vertikale Achse sich dreht. Im ersten Fall liegt die Stange auf dem gezahnten Rade, indem ihre Zähne abwärts gekehrt sind, und man braucht alsdann keine weitere Vorrichtung zum Festhalten der Stange, als daß das gezahnte Rad an beiden Seiten mit vorstehenden Rändern versehen ist. Die Zähne dürfen jedoch nicht scharf schließend bearbeitet sein, da die gezahnte Stange ihre Richtung etwas verändert.

Steht die Winde senkrecht und greift die Stange seitwärts in das gezahnte Rad ein, so muß die Zugstange noch an der hintern Seite so gestützt werden, daß die Zähne bei allen verschiedenen Richtungen der Zugstange gehörig in einander greifen. Dieses geschieht mittelst der Fig. 335 auf Taf. XLVIII dargestellten Anordnung. An die Achse, an welcher das gezahnte Rad sich befindet, sind zwei mit einander verbundene dreiseitige Scheiben befestigt, die gleichfalls um diese Achse, soweit die Zugstange ihre Richtung ändert, sich drehn können. Zwei Rollen stützen die Zugstange an ihre hintern Fläche, und verhindern ihre Entfernung vom gezahnten Rade. Fig. *a* zeigt die Ansicht von oben und *b* von der Seite. Die vertikale Achse, welche entweder unmittelbar durch Hebelsarme, oder mittelst einer Kurbel und zwei konischer Räder gedreht wird, steht unten in einer Pfanne, und wird oben durch ein Achsenlager gehalten, welches auf drei unter sich verbundenen eisernen Füßen ruht. Letztere sind in den Figuren nicht angegeben. An die Achse ist das gezahnte Rad befestigt, welches in die Zähne der Zugstange eingreift, damit diese aber nicht auf der untern Scheibe schleift, ist sie daneben durch eine horizontale Rolle unterstützt, und liegt zwischen beiden Scheiben, ohne dieselben zu berühren. Die Scheiben sind, wie die Figuren zeigen durch drei Riegel unter sich verbunden und liegen auf einer Verstärkung der Achse auf. Die beiden Rollen, welche bei allen Richtungen der Zugstange ein gleichmäßiges Eingreifen der Zähne veranlassen, indem sie eine entsprechende Drehung der Scheiben bewirken, sind an beiden äußern Enden der Scheiben zwischen dieselben eingesetzt.

Gewöhnlich besteht eine solche gezahnte Zugstange aus einer starken hölzernen Latte, auf welche eine Schiene aus Schmiedeeisen mit den daran eingefeilten oder eingefrästen Zähnen mit

Schrauben befestigt ist. Bei den in der Nähe von Saarbrücken an der Saar, sowie auch bei den am Ihle-Canal ausgeführten Schleusen bestehn diese Zugstangen dagegen aus Gufseisen. Für jeden Canal ist ein sauberes Modell solcher Stange in Schmiedeeisen ausgearbeitet, und hiernach erfolgt der Guß, der wegen des Wegfalls der Modellkasten sehr wohlfeil ist. Man sorgt aber dafür, daß jederzeit Reserve-Stücke vorhanden sind, damit bei einem zufälligen Bruch der Schaden sogleich ersetzt werden kann. Die Erfahrung hat ergeben, daß die Gefahr eines Bruchs keineswegs erheblich ist.

Zuweilen und namentlich, wenn Brücken über ein Schleusenhaupt führen, fehlt daneben der nöthige Raum, um die Stange, wenn das Thor geöffnet ist, frei zurücktreten zu lassen. Man pflegt alsdann einen gufseisernen Quadrant, der an der äußern Seite mit Zähnen versehen ist, an den obern Rahm zu befestigen. Derselbe liegt unter oder über der Mauer, und wird durch ein gezahntes Getriebe gefaßt. Man darf indessen diesen Quadrant nicht in seiner ganzen Länge mittelst speichenartiger Arme an das Thor befestigen, wenn er, wie gewöhnlich, unter die Mauer tritt, weil sonst der Canal, der ihn aufnimmt, eine zu grosse Breite erhalten müßte. Nichts desto weniger pflegt man doch in der Nähe des Thors ihn mit einem gekrümmten und daran angezogenen Arm zu versehen, um wenigstens hier die Gefahr eines Bruchs zu beseitigen. Indem diese Quadranten gemeinhin, eben wegen des fehlenden Raums, mit einem Radius beschrieben sind, der kaum der halben Breite des Thors gleichkommt, so ist eine bedeutend grössere Kraft erforderlich, als bei den vorher beschriebenen Vorrichtungen. Es bleibt meist nur übrig, die Kraft durch ein gezahntes Rad mit Getriebe zu verstärken, von denen letzteres durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt wird. Zur Verbindung dieser Kurbel mit der Achse des Getriebes sind noch zwei in einander greifende conische Räder erforderlich.

Bei der Schleuse zu Villemur am Tarn ist auf dem Thor-kammerboden ein gufseiserner Quadrant befestigt, der an der hohlen Seite mit Zähnen versehen ist. Diese greifen in ein Getriebe, dessen eiserne Achse längs der dem Oberwasser zugekehrten Seite der Schlagsäule herabreicht, und oben mit einer Kurbel versehen ist. Der Arbeiter, der das Thor öffnet, oder schliesst, steht auf der Laufbrücke. Bei dieser Anordnung tritt kein Theil der-

selben über die Schleusenmauer, sie läßt sich daher, wie sehr auch der Raum neben der Schleuse beschränkt sein mag, immer anbringen.

Der Druck, den man mittelst der Zugstange auf das Thor ausüben muß, um dasselbe zu schliessen, läßt sich in einen Zug verwandeln, wenn man ein zweites Tau gegen die andre Seite der Schlagsäule befestigt, und dieses zum Zurückziehn des Thors benutzt, sobald es geschlossen werden soll. In dieser Weise muß jedes Thor mit zwei Tauen versehen sein, die beim Gebrauch der Schleuse abwechselnd angezogen werden. Diese Einrichtung, wobei die steife Zugstange ganz entbehrlich wird, soll nach Minard's Mittheilung zuweilen bei kleinern Französischen Schleusen vorkommen, sie ist bei den grossen Schleusen für Seeschiffe allgemein üblich, doch wird alsdann der Zug nicht mittelst Tauen, sondern durch starke und schwere Ketten ausgeübt. In dem einen, wie im andern Fall dürfen aber die Taue oder Ketten, um die Schleuse nicht zu sperren, nicht an die Köpfe der Schlagsäulen befestigt werden müssen, vielmehr beim Durchgang der Schiffe flach auf dem Boden liegen. Die Ketten fassen alsdann unter Wasser das Thor und zwar möglichst in der Höhe des Mittelpunkts des Drucks, und die Winden, mittelst deren man sie anzieht, befinden sich in gleicher Höhe.

Bei dieser Anordnung müssen für jeden Thorflügel zwei Winden eingerichtet werden, es gehören also zu einem Paar Stemmthore vier solche und dieselben sind um so kostbarer, als sie tief herabreichen und jede einzelne mit einer schweren Kette versehen sein muß. Man erreicht dabei aber wesentliche Vorthelle sowohl in Betreff der zweckmäßigen Behandlung der Thore, als auch dadurch, daß man eine viel stärkere Kraft beim Oeffnen und Schliessen anwenden, und demnach um so leichter geringe Niveau-Differenzen und schwache Strömungen überwinden kann. Auch das Schliessen der Thore, wenn der Strom dieselben faßt und sie heftig zuzuschlagen droht, läßt sich durch Zurückhalten der aufwärts gekehrten Kette noch sanft ausführen und überhaupt zeichnet sich die ganze Handhabung der Thore in diesem Fall durch große Sicherheit aus.

Fig. 336 auf Taf. XLVIII zeigt diese Anordnung im Grundriss. Es ist dabei angenommen, daß die Thore nicht eben, sondern nach einer cylindrischen Fläche gekrümmt sind, auch durch Rollen

unterstützt werden, die auf kreisförmigen Bahnen laufen. Das eine Thor ist geöffnet, das andre geschlossen dargestellt. Von jeder Seite jeder Schlagsäule führt die Kette nach der zugehörigen Winde. Die beiden Winden an der rechten Seite sind vollständig aufgestellt, und mit den Hebeln versehen, die beiden an der linken Seite sieht man dagegen in ihrer untern Zusammensetzung, indem die Mauer horizontal durchschnitten gedacht ist. Man bemerkt hier die gemauerten Brunnen, worin die Winden stehn, und zugleich die eisernen Trommeln am Fuß der letztern, worauf die Ketten sich aufwinden. Die Canäle, in denen die Ketten nach der Schleusenkammer geführt sind, giebt die Figur durch die punktirten Linien an.

Zunächst muß einem Bedenken begegnet werden, welches man gegen diese Anordnung leicht erheben könnte. Indem nämlich die beiden Ketten, welche an den, dem Unterwasser zugekehrten Seiten der Thore befestigt sind, beim Oeffnen der letztern quer durch die Schleuse laufen, so liegt die Vermuthung nahe, daß dieselben den Durchgang der Schiffe hindern. Es ist freilich bereits erwähnt, daß man sie schlaff herabhängen und auf den Boden fallen läßt, aber auch in diesem Fall würden sie, wenn der Drempel nicht vielleicht deshalb schon tiefer gelegt wäre, hinderlich sein. Es muß indessen daran erinnert werden, daß es sich hier um Schleusen für Seeschiffe handelt, die keinen flachen Boden haben, und wenn sie zuweilen auch nicht besonders scharf gebaut sind, dennoch stets in der untern Fläche etwas gekrümmt sind, gegen welche noch der Kiel wenigstens einige Zoll vorsteht. Die Ketten sind hiernach nicht hinderlich, wenn sie nicht gerade in der Mittellinie der Schleuse auf dem Drempel aufliegen. Dieser Fall kann aber, wenn die Ketten gehörig nachgelassen werden, in der Wirklichkeit nicht vorkommen. Wenn z. B. das in Fig. 336 als geschlossen dargestellte Thor geöffnet wird, so bleibt die Kette, mit der es geschlossen wurde, nicht in der Richtung liegen, welche die Figur angiebt. Die Schlagsäule entfernt sich bei der Drehung des Thors aus dieser Richtung und zieht die Kette hinter sich über die Spitze des Drempels herüber, so daß auf dem letztern der Weg für den Kiel frei wird.

Früher pflegte man die Kette an den Fuß der Schlagsäule zu befestigen, auch die Winde in dieselbe Höhe zu stellen, so daß die Kette, wenn sie gespannt war, nahe über dem Boden schwebte.

Diese Anordnung rechtfertigt sich auch, so lange die Rollen unter den Thoren sehr niedrig waren, also eine starke Reibung verursachten, welche durch die mangelhafte Ausführung der Rolle, wie der Bahn noch vermehrt wurde. Diese Reibung setzte der Bewegung des Thors den größten Widerstand entgegen, und es war daher zweckmässig, die Ketten nahe in der Höhe der Rollen wirken zu lassen.

Durch Vergrößerung des Durchmessers und sorgfältigere Bearbeitung der Rolle ist diese Reibung wesentlich vermindert. Der bei der Bewegung der Thore zu überwindende Widerstand wird daher vorzugsweise durch das Wasser verursacht, welches beim ersten Anzieln des geschlossnen Thors gewöhnlich noch nicht vollständig sich ins Niveau gesetzt hat, und daher ausser dem hydraulischen Druck auch einen mehr oder weniger starken hydrostatischen veranlaßt. Hiernach rechtfertigt es sich, die Kette und Winde in grössere Höhe zu versetzen.

Den Ketten canal läßt man häufig nach der Winde ansteigen, um dadurch theils die Ausführung des Brunnens, indem er an Tiefe verliert, zu erleichtern, theils aber auch, um die Winde in grössere Höhe zu bringen, so daß sie bequem unter steter Aufsicht erhalten, und bei etwa vorkommenden Beschädigungen leichter in Stand gesetzt werden kann. Dazu kommt noch, daß die Kette sich beim Zurückdrehn der Winde besser auszieht, und sicherer auf den Schleusenboden herabfällt, wenn die Sohle des Ketten canals nach der Schleuse hin abfällt. Eine geringe Neigung der Sohle, etwa von der Grösse, wie Fig. 337 zeigt, gewährt schon den Vortheil, daß man die Kette durch keine horizontale Rolle unterstützen darf, was bei horizontaler Richtung des Canals an dessen Mündung nothwendig ist. Man bemerkt in der Figur, daß die Kette, wenn sie gespannt wird, die Decke des Canals noch nicht berührt.

Giebt man dagegen dem Canal eine noch stärkere Neigung, die häufig bis zu 45 Graden und selbst darüber ausgedehnt wird, so wird zwar der Vortheil in Bezug auf die höhere Stellung der Winde viel vollständiger erreicht, aber die Kette ändert, wenn sie gespannt ist, zweimal ihre Richtung zwischen der Winde und dem Thor. Man muß daher in diesem Fall unter der Decke des Canals, und zwar in der Mündung desselben eine Rolle anbringen,

und eine zweite dicht vor der Winde über der Sohle. Die Kette wird unter der ersten und über der zweiten fortgezogen.

Die erwähnten Rollen sind meist so lang, daß sie die ganze Breite des Ketten-Canals einnehmen. Ihre Stärke beträgt 4 bis 6 Zoll, und sie sind an beiden Enden mit weit vortretenden Rändern versehen, damit die Kette stets sicher gefaßt und darauf gehalten wird. Sie bestehn aus Gufseisen. Häufig sieht man in den Mündungen der Ketten-Canäle auch noch vertikale Rollen angebracht, die gewöhnlich hinter der horizontalen, und zwar neben den beiden Seitenwänden stehn. Dieselben sind nothwendig, wenn die gespannte Kette während der Drehung des Thors diese Seitenwände berühren würde. In diesem Fall werden aber die vortretenden Ränder an der horizontalen Rolle entbehrlich, und alle drei Rollen verwandeln sich in einfache Cylinder.

Zuweilen, wie zum Beispiel bei den Docks in Shernefs, dienen zum Oeffnen der § 68 beschriebnen Thore nicht vertikale, sondern horizontale Winden. Die Thore werden in der Höhe von $11\frac{1}{2}$ Fuß über ihren untern Rändern gefaßt, und in gleicher Höhe liegen die 3 Fuß weiten und eben so hohen Ketten-Canäle, welche horizontal in die Mauer treten. An der Mündung jedes Canals sind drei gufseiserne Rollen ohne vortretende Ränder angebracht. Sie halten sämtlich 1 Fuß im Durchmesser. Die horizontale Rolle, auf der die Kette aufliegt, ist 2 Fuß lang, und die beiden dicht dahinter stehenden vertikalen sind $1\frac{1}{2}$ Fuß hoch. Der freie Zwischenraum zwischen den Letztern beträgt nur 6 Zoll. Am Ende des Canals befindet sich die Trommel, auf welche die Kette sich aufrollt. Sie hält 15 Zoll im Durchmesser, und ist mit einem konischen Rade von $3\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser verbunden. In dieses greift ein Getriebe von 1 Fuß Durchmesser, und die Achse desselben, von 20 Fuß Länge, ist über der Mauer mit einer dreifüßigen gufseisernen Scheibe versehen, worin acht Hebel eingesetzt werden können. Die Achse der letzten Winde, oder die des Getriebes besteht aber aus zwei Theilen, welche mittelst einer Kuppelung verbunden sind und durch eine Hebel-Vorrichtung von einander getrennt werden können. Auf diese Weise darf man die Erdwinde nicht zurückdrehn, wenn das Thor sich entfernt, die Kette zieht sich vielmehr von selbst aus.

In Betreff der Ketten-Canäle wäre ferner zu erwähnen, daß

ihre Ausführung sehr erleichtert und Beschädigungen durch das Schleifen der Kette dabei verhindert werden, wenn man sie durch eingemauerte gusseiserne Röhren ersetzt. Dieses ist z. B. beim St. Katharine's Dock bei London geschehn. Die Röhre hält 2 Fuß im Durchmesser, und ist nahe 30 Fuß lang. Sie besteht aus vier Theilen, die in den vorstehenden Rändern durch Schraubenbolzen verbunden sind. Sie steigt unter einem Winkel von etwa 70 Graden gegen den Horizont auf. Um das Schleifen der Kette gegen die Decke der Mündung zu verhindern, ist in die angemessne Erweiterung derselben eine horizontale Rolle von 1 Fuß Durchmesser eingesetzt, und zwei senkrechte Rollen verhindern das Schleifen zur Seite und sichern zugleich die Kette gegen ein Herabgleiten von der Rolle. Die Winde dreht sich auch hier um eine horizontale Achse.

Zuweilen bringt man die beiden Winden, welche zu demselben Thorflügel gehören, in verschiednen Höhen an, indem entweder die zugehörigen Ketten-Canäle verschiedene Neigungen erhalten, oder ihre Mündungen gleichfalls in verschiednen Höhen liegen. Eine solche Anordnung erscheint auch gerechtfertigt, insofern zum Oeffnen und Schliessen des Thors nicht dieselbe Kraft in Anwendung gebracht wird. Die Winde, mittelst deren man das Thor öffnet, muß so stark sein, daß man damit einigen Wasserdruck überwinden, also das Thor schon öffnen kann, bevor der Wasserspiegel auf beiden Seiten gleiche Höhe erreicht hat. Eben so wird diese Winde auch in Anspruch genommen, wenn man das Thor eines Docks schliessen muß, während schon einige Strömung hindurchgeht, die also das Thor heftig zuschlagen würde, wenn man nicht durch scharfes Anziehn der Gegenkette die Bewegung mäßigte. Beide Veranlassungen zu solchem kräftigen Anziehn der Ketten kommen bei denjenigen Winden nicht vor, mittelst deren die Thore geschlossen werden. Es ist daher nur für die ersten beiden Winden, die an der Thorkammer stehn, nothwendig, solche Anordnungen zu wählen, welche den kräftigsten Zug gestatten, wobei also Reibungen möglichst vermieden und die Thore zugleich in derjenigen Höhe gefaßt werden, in welcher der Mittelpunkt des Widerstandes liegt. Die Mündungen der Ketten-Canäle müssen daher in großer Tiefe angebracht werden, während die Canäle selbst keine starke Neigung erhalten dürfen. Für die andern beiden Winden, die hinter dem

Drempel stehn, gelten dagegen nicht mehr diese Bedingungen. Indem der Zug, den sie ausüben sollen, weniger stark ist, so kommt es nicht darauf an, ob das Thor etwas ungünstiger gefasst, und ihre Kraft durch die Führung der Kette über eine oder zwei Rollen etwas gemälsigt wird. Die Wohlfeilheit der Anlage und die Bequemlichkeit der Aufstellung der Winden darf daher hier schon mehr berücksichtigt werden.

Was die Einrichtung der Winden betrifft, so wählt man häufig und namentlich bei Thoren von mässigen Dimensionen die einfache Erdwinde, wobei nämlich die Kette sich auf den Fuß derselben Säule aufwindet, deren Kopf durch die Hebel unmittelbar gedreht wird. Auch ist es nicht ungewöhnlich, daß in diesem Fall die Säule aus Holz besteht, und nur an der Stelle, wo die Kette sich auflegt, mit Eisen bekleidet ist, oder hier eine eiserne Trommel trägt. Sicherer ist es indessen, die ganze Maschine, mit Ausnahme der Hebel, aus Eisen darzustellen. Dieses geschieht auch gewöhnlich, und bei grössern Thoren wird zur Verstärkung der Winde dieselbe noch mit einem Vorgelege versehen.

Fig. 337 zeigt eine Winde dieser Art, nebst dem Brunnen, worin sie aufgestellt ist. Die Anordnung ist diejenige, welche Telford bei den Schleusen des Caledonischen Canals wählte. Die Trommel, um welche die Kette sich aufwindet, besteht aus einem 3 Fuß hohen Kegel, der unten 15 Zoll, oben 8 Zoll im Durchmesser hält, an den sich aber unten noch ein flacher Rand von nahe 3 Fuß Durchmesser anschliesst. Letzterer hat den Zweck, die Kette sicher auf die Trommel zu führen. Die Trommel nebst diesem untern Rande ist in einem Stück und zwar hohl gegossen. Ihre Achse von quadratischem Querschnitt, und zwar 4 Zoll in der Seite haltend, besteht aus gewalztem Eisen und greift durch die quadratischen Oeffnungen, womit die Trommel sowohl oben als unten versehen ist. Der untere Zapfen steht in einer gusseisernen Pfanne, die in die Sohle des Brunnens eingelassen ist. Diese Pfanne wird noch durch einen eisernen Ring umgeben, der wohl nur den Zweck hat, ein Abschleifen der Steine durch die Kette neben der Trommel zu verhindern, wodurch möglicher Weise die Kette, statt auf die Trommel sich zu legen, unter dieselbe gezogen werden könnte. Der Hals der erwähnten Achse ist cylindrisch abgedreht. Er liegt in einer Pfanne zur Seite einer gusseisernen,

mit Verstärkungsrippen versehenen Platte, welche den Brunnen überspannt. Diese Platte ruht mit beiden Enden auf den vortretenden Rändern gusseiserner Bogenstücke, die beim Aufmauern des Brunnens in der Wand desselben befestigt sind. Die Verbindung zwischen diesen Rändern und der Platte ist durch Schraubenbolzen dargestellt.

Ueber der erwähnten Platte trägt der Kopf der Trommel-Achse ein gezahntes Rad von 2 Fuß 9 Zoll Durchmesser, das in ein Getriebe von 9 Zoll Durchmesser eingreift. Indem die Achse des Brunnens zwischen die Achse des Rades und Getriebes fällt, so wird nicht nur die Aufstellung der ganzen Maschine in dem beschränkten Raum des Brunnens möglich, sondern man gewinnt dabei auch den Vortheil, dass die Trommel etwas näher an den Ketten-Canal rückt, und dagegen die andre Achse, welche die der Erdwinde ist, sich etwas vom Rande der Schleusenmauer entfernt, und dadurch die Anwendung längerer Hebelsarme ermöglicht.

Die letzte Achse besteht eben so, wie die erste, aus gewalztem Eisen, sie ist $3\frac{1}{2}$ Zoll stark. Die Pfanne, worin ihr Fuß aufsteht, ist in demselben Querriegel befestigt, der die erste Achse hält. Ihr oberes Ende greift durch eine der beiden gusseisernen Platten hindurch, welche die Oeffnung des Brunnens schliessen. Eine cylindrisch ausgedrehte, mit verstärktem Rande versehene Oeffnung in dieser Platte umfaßt den verstärkten und gleichfalls cylindrisch geformten Hals der Achse des Getriebes.

Diese Achse setzt sich noch gegen 3 Fuß über die Platte oder die Schleusenmauer fort, und trägt am Ende eine gusseiserne Scheibe, worin vier etwas ansteigende Röhren angebracht sind. In letztere werden die Hebel, mittelst deren man die Winde in Bewegung setzt, eingesteckt. Diese Scheibe ist Fig. 338 noch besonders, und zwar *a* in der Ansicht von oben, und *b* im senkrechten Durchschnitt dargestellt. Sie ist außer den vier erwähnten, noch mit vier andern mehr senkrecht gerichteten Röhren von gleicher Weite versehen. In diese stellt man jene Hebel, wenn die Winde nicht gebraucht wird. Sie bilden alsdann einen pyramidalen Aufsatz über der Scheibe, und indem sie seitwärts nicht vortreten, so verursachen sie auch keine Behinderung der Passage auf der Schleusenmauer. In Fig. 337 sieht man einen Hebel aufrecht eingestellt, während gegenüber ein zweiter in die horizontale Röhre eingesetzt ist.

Schliesslich muss noch erwähnt werden, dass der Wasserdruck, den man in Seehäfen schon vielfach zur Bewegung von Krahnen benutzt, auch bei den Schleusen, und zwar zum Oeffnen und Schliessen grosser Thore, Anwendung gefunden hat. Namentlich ist dieses in dem neuern Hafen Great-Grimsby, Hull gegenüber, geschehn. Eine Dampfmaschine hebt das Wasser aus einem in der Nähe angebohrten Quell in ein Bassin auf einem etwa 100 Fufs hohen Thurm, und indem der Druck desselben noch durch Accumulatoren verstärkt ist, so verrichtet dieser Druck verschiedene Dienste, um ohne Anwendung von Menschenkraft den Verkehr zu erleichtern.

Sobald ein Packetboot ankommt, das gemeinhin die Schleuse gar nicht passirt, sondern im Vorhafen anlegt, so senkt sich eine grosse Plattform bis zum Schiffe herab. Die Passagiere treten darauf, sowie auch das Gepäck schnell dahin gebracht wird, und nunmehr wird man bis zur Hafenmauer gehoben. Demnächst werden eine Anzahl Krahne auf gleiche Art zum Laden und Löschen in Bewegung gesetzt, auch eine Scheibe in der Eisenbahn steigt mit dem darauf geschobnen beladenen Kohlenwagen etwa 20 Fufs hoch bis zum Niveau der hier in normaler Richtung abgehenden Kohlenbahn, und dreht sich dabei zugleich so weit, dass der Wagen auf der letztern unmittelbar fortgezogen werden kann.

Zwei Schleusen, eine von 70 und die andre von 45 Fufs Weite, bilden den Eingang zum Dock. Das Oeffnen und Schliessen der Thore geschieht, in gleicher Weise wie sonst bei Englischen grossen Schleusen durch Anzieln von Ketten, die sich aber nicht um Trommeln im untern Theile des Schachtes aufwinden, vielmehr befindet sich jede solche Trommel auf der Schleusenmauer, indem die Kette aus dem Schacht herauf geführt ist. Hier liegt auch der Cylinder, in welchem das Wasser unter starkem Druck eintritt. Es füllt den Raum zwischen dem Kolben und den Deckel, durch welchen mittelst einer Stopfbüchse die Kolbenstange geführt ist. Am Ende der letzteren ist eine Vaucansonsche Kette befestigt, die zunächst über eine Leitrolle gezogen ist und beim Rückgange ein mit passenden Daumen versehenes Rad in Bewegung setzt. Dieses dreht mittelst zweier conischen Räder die Trommel, um welche sich die vom Thor ausgehende Kette aufwindet. Es bedarf also nur des Oeffnens eines Hafens, um das Thor zu öffnen. Soll das-

selbe aber wieder geschlossen werden, so wird die von der andern Seite des Thors ausgehende Kette in gleicher Weise in Bewegung gesetzt, und indem sie dabei die erste Kette auszieht, so stellt sich der ganze Apparat mit Einschluss des Kolbens wieder so, daß er beim Durchgange des nächsten Schiffes ohne Weiteres in Thätigkeit gesetzt werden kann.

Diese Benutzung des Wasserdrucks beschränkt sich aber nicht nur auf das Drehn der Thore, sondern in derselben Weise werden auch die Schütze in den Umläufen gehoben, die demnächst von selbst herabfallen. Zwei Arbeiter, invalide Seeleute, von denen jeder auf einer Seite der Schleuse sich befindet, genügen also, um die Kammer zu füllen und zu leeren, und um die Thore zu öffnen und zu schliessen, und zwar geschieht dieses in kürzerer Zeit, als bei der gewöhnlichen Bewegung der Schütze und Thore durch Menschen.

Schluss des XI. Capitels im vierten und letzten Bande des zweiten Theils.

Hagen, Gotthilf,

Handbuch der Wasserbaukunst

Bd.: 2,3

Königsberg in Preussen 1874

Regensburg, Staatliche Bibliothek -- 999/Philos.6263(2,3/4
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11112349-3